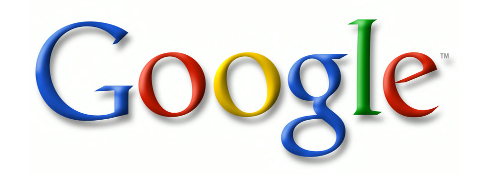
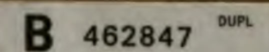






ALBERT NEUBURGER

DIE TECHNIK DES ALTERTUMS




1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ENGINEERING



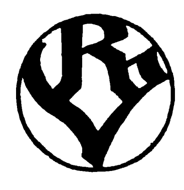


Die Technik des Altertums

Von

Dr. Albert Neuburger, 1867-

Mit 676 Abbildungen



R. Voigtländers Verlag in Leipzig, 1919

Einband nach Entwurf von Erich Gruner
Schutzumschlag von Walter Naumann
Druck von J. B. Hirschfeld (A. Pries)
sämtlich in Leipzig

Vorwort.

So eingehend und liebevoll man sich auch seit den Tagen der Renaissance und der großen Humanisten mit dem Altertume beschäftigt hat, so ist doch eines der bedeutendsten Gebiete dieses Entwicklungsraumes ziemlich links liegen geblieben: Die Technik des Altertums. Erst in neuerer Zeit hat man begonnen, sich mehr und immer mehr mit ihr zu beschäftigen. Dabei hat sich im vollsten Sinne des Wortes eine Wunderwelt offenbart, die uns einen tiefen Einblick in das hohe Wissen und die außerordentlichen Fertigkeiten vergangener Zeiten gewährt.

Die Ursachen, warum es so lange dauerte, bis man dieses Gebiet zu durchforschen und zu würdigen begann, sind in mancherlei Umständen begründet. Als die großen Humanisten des 15. Jahrhunderts die Aufmerksamkeit von neuem auf das Altertum und insbesondere auf jenen Zeitabschnitt lenkten, den man heute unter der Bezeichnung des „klassischen Altertums" zusammenfaßt, da waren es zunächst die Schönheit der Sprache und dann die Schönheit der Kunst, die die Geister in erster Linie fesselten. Die technischen Einblicke, die sich dabei zeigten, vermochten zunächst noch keinen besonderen Anreiz auszuüben. Das „Zeitalter der Technik" war eben noch nicht angebrochen, die Geisteswissenschaften allein beherrschten die Gemüter. Aber auch schon damals waren es die großen Techniker jener Zeit, die zuerst auf die hohen technischen Fertigkeiten der alten Völker aufmerksam wurden, die sie mit Eifer studierten und ihren Zwecken dienstbar zu machen suchten. Insbesondere waren es die Baumeister, die in den Werken des Vitruvius mancherlei Anregung fanden, und vom größten aller Techniker der Renaissancezeit, von Leonardo da Vinci, hat Werner[1]) den Nachweis zu bringen versucht, daß seine Technik sowie ihre Grundlagen, nämlich sein mathematisches, physikalisches und sonstiges naturwissenschaftliches Können, auf eingehenden Studien arabischer Gelehrter sowie solcher des Altertums beruhten.

Aber noch ein weiterer Umstand hat dazu beigetragen, daß die Technik des Altertums nicht schon früher eingehend erschlossen worden ist. Die Techniker, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, verfügten vielfach nicht über die nötigen Sprachkenntnisse oder hatten keine Gelegenheit, tiefer in die sprachwissenschaftliche Seite der alten technischen Fachausdrücke einzudringen. Die Philologen hingegen, die zwar über das nötige sprachwissenschaftliche Rüstzeug verfügten, waren ihrerseits wiederum technisch nicht genügend vorgebildet, um das große Gebiet der alten Technik erschöpfend zu behandeln. So kommt es, daß die Bedeutung mancher technischer Fachausdrücke (es sei als Beispiel nur an die Bezeichnungen „aes", „nitrum", „byssos" usw usw. erinnert) erst in neuerer Zeit vollkommener geklärt werden konnte. Freilich gibt es von den beiden großen Gruppen der Berufenen — der Techniker und Philologen — Ausnahmen: wir brauchen in dieser

[1]) Werner: Zur Physik Leonardo da Vincis. Berlin.

Hinsicht nur auf Techniker wie Diergart und auf Philologen wie Blümner, Reber usw. usw. hinzuweisen —, aber ihre so verdienstvolle Arbeit konnte natürlich nicht genügen, um dieses ganze große Gebiet auch nur einigermaßen erschöpfend zu erschließen.

Erst in neuerer Zeit ist durch die Arbeit vieler und besonders dadurch, daß auch Techniker Geschmack an Forschungen über die alte Technik fanden, sowie durch die Ausdehnung der Arbeiten auf die Völker des alten Orients ein weitgehender und ziemlich umfassender Einblick in die technische Entwicklung des Altertums gewonnen worden. Die Arbeiten sind aber ganz außerordentlich zersplittert, sowohl ihrem Inhalte wie dem Orte nach, wo sie zur Veröffentlichung gelangten. Während der eine Forscher wie z. B. Le Chatelier in der Hauptsache über alte Tonwaren arbeitet, beschäftigt sich der andere (Kaßner) mit alten Tinten, der dritte (Berger) mit der alten Wachsmalerei usw. usw. Schon dieser Umstand ließ es wünschenswert erscheinen, die so zerstreuten und vielfach mehr oder minder unzugänglichen Veröffentlichungen zu sammeln und das ganze Gebiet einmal in möglichst weitem Umfange zusammenfassend zu behandeln. Wenn der Verfasser dieses Wagnis unternommen hat, so glaubt er die Berechtigung daraus herleiten zu dürfen, daß er sich fast zwei Jahrzehnte lang mit der Technik des Altertums beschäftigte, daß er von Beruf Techniker ist, und daß er vielfache technisch-philologische Studien getrieben hat. Er hofft, daß es ihm gelungen sein möge, durch diese Zusammenfassung sowie auf Grund eigener Erfahrungen ein Werk zu schaffen, das für den Gelehrten und Techniker eine Grundlage zu weiteren Arbeiten, für die Allgemeinheit aber hoffentlich der Anreiz zu eingehender Beschäftigung mit dem großen, in seinen Einzelheiten so schönen, in seinen Leistungen oft so überwältigenden Gebiete der antiken Technik sein möge.

Wenn man ein Werk über die Technik des Altertums verfassen will, so muß man sich zunächst darüber klar sein, was denn der Begriff des „Altertums" alles in sich schließt. Im allgemeinen rechnet man das Altertum von einem zeitlich nicht näher bestimmten Anfang an, der für jedes einzelne Volk ein verschiedener ist, und der den ungefähren Zeitpunkt kennzeichnet, wo es in die Geschichte eintritt, bis etwa zum letzten Drittel des 5. Jahrhunderts n. Chr., also bis zu jenem Abschnitt in der Geschichte der Völker, wo mit dem Untergange des weströmischen Reiches gewaltige Umwälzungen religiöser, kultureller und geschichtlicher Natur einsetzten, die vor allem durch die Gründung der christlichen Staaten und die Stürme der Völkerwanderung gekennzeichnet sind. Es war ernstlich zu prüfen, ob dieser Begriff des „Altertums" auch auf die Technik zutrifft. Im allgemeinen ist diese Frage zu bejahen, und so enthält das Werk tatsächlich eine Darstellung der Entwicklung des Standes der Technik, die den genannten Zeitraum umfaßt. In einzelnen Fällen jedoch mußte sowohl nach rückwärts wie nach vorwärts eine Erweiterung stattfinden. So mußte z. B. überall da, wo es sich zeigte, daß eine bestimmte Technik sehr tief in vorgeschichtlichen Zeiten wurzelte, auf diese zurückgegriffen werden. Ist doch so manche technische Errungenschaft, die am Beginne der Geschichte irgendeines Volkes bereits ihre höchste Entwicklung und ihre weitgehendste Ausnützung erfahren hat, in Wirklichkeit bereits in vorgeschichtlicher Zeit geschaffen oder doch wenigstens in ihren Hauptzügen festgelegt worden. Ebenso gebietet es die Entwicklung einzelner technischer Zweige, daß man bei ihrer Betrachtung über das Jahr 476 n. Chr., das im allgemeinen als das „Ende des Altertums" angesehen wird, hinausgeht — bedeutet doch dieses Jahr durchaus nicht immer einen scharfen Abschnitt in technisch-geschichtlicher oder entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht.

Die Literatur wurde im allgemeinen tunlichst bis zum Beginn der Drucklegung berücksichtigt, doch war es infolge der durch den Krieg geschaffenen Verhältnisse natürlich schwieriger, die Veröffentlichungen aus den letzten Jahren, insbesondere die ausländischen, vollständig zu erhalten. Die den einzelnen Abschnitten angefügten Literaturverzeichnisse sollen nicht die gesamte über den betreffenden Gegenstand überhaupt erschienene Literatur wiedergeben, sondern stellen lediglich die bei der Bearbeitung benutzten Quellen dar. Ein Teil der ständig benutzten und — um zu häufige Wiederholungen zu vermeiden — in den Verzeichnissen nicht immer wieder von neuem aufgeführte Quellen ist auf S. 532 zusammengestellt.

Während der langen Jahre, die die Vorbereitung und Abfassung des vorliegenden Werks in Anspruch nahm, wurde mir seitens zahlreicher Forscher — und zwar sowohl von Archäologen wie von Technikern — insbesondere aber auch von Seiten so vieler Vorstände von Museen und Bibliotheken, ferner auch von privaten Sammlern eine Fülle liebenswürdiger Unterstützung zu teil. Ich spreche allen diesen Herren, die in ihrer Gesamtheit namentlich anzuführen ganz unmöglich ist, an dieser Stelle nochmals meinen verbindlichsten Dank für ihr freundliches Entgegenkommen und für ihr Interesse an meiner Arbeit aus.

Berlin, im Juli 1919. Dr. Albert Neuburger.

Inhaltsübersicht.

Einleitung.

Man hat die Gegenwart vielfach als das „Zeitalter der Technik" bezeichnet. Dadurch wird unwillkürlich der Glaube erregt, daß es erst der Jetztzeit vorbehalten blieb, eine Technik zu schaffen oder zu hoher Entwicklung zu bringen, während es in vergangenen Jahrhunderten eine solche nicht gab. Nichts ist falscher als diese Vorstellung! In Wirklichkeit hatte man zu allen Zeiten bis in die Uranfänge der Menschheit zurück eine Technik. Die der Gegenwart unterscheidet sich von der der Vergangenheit in der Hauptsache nur dadurch, daß wir in der Ausnützung mancher Naturkräfte, vor allem der Spannkraft des Dampfes und der Elektrizität, früher vollkommen Unbekanntes leisteten, und daß wir dadurch manche Zweige unseres kulturellen Lebens, in erster Linie das Verkehrswesen, auf eine neue Grundlage stellten.

Wir haben also eigentlich kein Recht, von einem besonderen „Zeitalter der Technik" zu sprechen, wir müssen vielmehr die Technik als einen Ausfluß menschlicher Geistestätigkeit betrachten, der in der Natur der Dinge begründet und mit dem Dasein des Menschen von alters her auf das engste verknüpft ist. Wie aber alle Äußerungen des menschlichen Geistes, so weist auch die Technik, die man als den ständigen Kampf des Menschen mit dem Stoffe bezeichnen kann, Zeiträume höchster Entwicklung neben solchen größten Tiefstandes auf. Die Unterschiede, die sich hier zeigen, sind ganz gewaltige: Lassen wir die Entwicklung vor unserem Auge vorüberziehen, so ergeben sich zwei große Blütezeiten: Die Jetztzeit und — das Altertum.

Die Technik des Altertums unterscheidet sich von der der Gegenwart vor allem dadurch, daß sie mit viel einfacheren Hilfsmitteln als jenen, über die wir jetzt verfügen, Leistungen von einer Größe vollbrachte, die teilweise heute noch nicht übertroffen wurden. Geht unsere Technik durch die Ausnützung des Dampfes und der Elektrizität sowie vieler im Laufe der Zeiten gewonnener Erkenntnisse mehr in die Breite, so geht die des Altertums entschieden mehr in die Tiefe: Das damalige, gegenüber dem gegenwärtigen viel enger begrenzte Wissen wird auf das eingehendste ausgenützt. Die einfachen Hilfsmittel werden Jahrhunderte, ja selbst Jahrtausende hindurch, ohne daß man sie oft wesentlich verbesserte, mit einer Geschicklichkeit und in einer Leistungsfähigkeit verwendet, die uns heute nicht selten befremdlich anmutet.

Aber auch gegen die Technik der späteren Zeit, vor allem gegen die des Mittelalters, weist die des Altertums weitgehende Unterschiede auf. Die Technik des Mittelalters und die der folgenden Jahrhunderte erstarren nicht selten in den engen Formen und Grenzen, die ihnen durch das Zunftwesen gezogen sind, das sogar die Arbeitszeit, die Zahl der Gehilfen, die Art der zu verwendenden Rohstoffe sowie die Form und Größe aller für einen bestimmten Zweck überhaupt gestatteten Hilfsmittel auf das genaueste vorschreibt. Jede freiere Entwicklung, jeder Versuch, diese Grenzen zu durchbrechen, werden auf das strengste unterdrückt und auf das schärffte geahndet. So leistet die Technik des Mittelalters zwar Gutes, aber dieses Gute bleibt immer nur die durch Geschlechter und Geschlechter hindurch gepflegte Ausübung

einer ganz bestimmten eng umschlossenen Tätigkeit, der höchstens eine Entwicklung nach der künstlerischen Seite hin gestattet ist. Anders die Technik des Altertums! Auch hier finden wir Zünfte, auch hier sehen wir, daß lange Zeiträume hindurch der gleiche Zweck mit immer gleichen Mitteln erstrebt wird, aber darüber hinaus sind der freien Entwicklung keinerlei Grenzen gezogen. Große Geister können sich nach jeder Richtung hin entfalten. Sie finden allerorts und insbesondere vonseiten der Mächtigen verständnisvolle Unterstützung — ein Zustand, der erst am Ende des Mittelalters und da nur vereinzelt wieder auftritt, zu einer Zeit, die eben gerade dadurch gekennzeichnet ist, daß sie im Altertume wurzelt, im Zeitalter der Renaissance. Aber auch hier wird das alte Vorbild niemals wieder ganz erreicht: Wer allzuviel wagt, wessen Geist sich auch auf technischem Gebiet allzuweit über die herkömmlichen Schranken erhebt, den vermag auch der mächtigste Gönner nicht immer vor dem Zugriffe der Inquisition mit allen seinen Folgen zu schützen.

So sehen wir also in der antiken Technik einen Zeitraum der Entwicklung, der in ganz bestimmter Weise gekennzeichnet ist: durch gewaltige Leistungen, hervorgebracht mit verhältnismäßig einfachen Hilfsmitteln, und durch eine fast nach jeder Richtung hin freie Entwicklung! Zu diesen einfachen Hilfsmitteln sind aber nicht nur die Maschinen zu rechnen. Zu ihnen gehört vielmehr in erster Linie auch die wissenschaftliche Grundlage, auf der sich das technische Leben aufbaut. Das, was die Technik des Altertums leistet, ist vielfach so überraschend und derart außerordentlich, daß man häufig den Gedanken aussprechen hört, die Alten müßten über ein Wissen verfügt haben, das uns heute verloren gegangen ist, sie müßten Kenntnisse, insbesondere physikalischer Natur, besessen haben, von denen wir keine Ahnung mehr haben. Dieser Gedanke mag in einzelnen Fällen tatsächlich nicht immer ganz von der Hand zu weisen sein, ein restloser Beweis für seine Richtigkeit ist noch niemals erbracht worden. Die Entwicklung ging damals, worauf wir oben schon hinwiesen, eben in die Tiefe. Die astronomischen, mathematischen und physikalischen Kenntnisse, über die man verfügte, nützte man auf das höchste aus, man zog aus ihnen die letzten zu jener Zeit überhaupt möglichen praktischen Anwendungen. Mag die Kenntnis von irgendeinem Stoff oder irgendeiner Pflanze, die die Alten für irgendeinen technischen Zweck, z. B. zur Malerei oder bei der Balsamierung usw. usw. verwendeten, tatsächlich nicht auf uns gekommen sein: im allgemeinen ist uns genau bekannt, welches der Umfang und die Einzelheiten ihres Wissens waren. Nicht so sehr dieses Wissen ist es dann, das unsere Bewunderung erheischt, sondern die Art, wie man es in zielbewußter und sinngemäßer Weise ausnützte, so daß man auch mit verhältnismäßig einfachem Rüstzeug oft gerade soviel, manchmal sogar noch mehr erreichte als wir, die wir doch über so ausgedehnte Kenntnisse auf den verschiedensten Gebieten verfügen. Diese Ausnützung aller Möglichkeiten erstreckte sich auch auf den Menschen selbst und wird unterstützt durch den damals verhältnismäßig geringen Wert der Zeit — zwei Punkte, auf die wir in den nachstehenden Ausführungen noch öfters zurückkommen werden.

Wie bei uns, so waren es auch im Altertume neben der allgemeinen Erfahrung und den aus ihr gezogenen Folgerungen vor allem einzelne große Geister, die der Technik neue Wege wiesen. Die Namen dieser Bahnbrecher der Technik sind zum großen Teil verschollen, nur einzelne sind bis auf den heutigen Tag erhalten geblieben. Aber eines ergibt sich aus dem, was wir wissen: Die Stellung des Technikers war im Altertume vielfach eine angesehenere, als sie es bis vor kurzem bei uns gewesen ist, die wir doch alle so stolz auf unser sogenanntes „Zeitalter der Technik" und seine Erfolge sind. Wenn heute der Techniker wirklich jene Stellung einnimmt,

die ihm nach seiner Allgemeinbildung, nach seinem Wissen und nach seinen Leistungen gebührt, so darf man nie vergessen, daß er sie sich erst nach harten und schweren Kämpfen erringen mußte, und daß noch heute die Vertreter einzelner akademischer Stände glauben, sie seien etwas Besseres als er. Im Altertume hingegen war der hervorragende Techniker eine vielgesuchte Persönlichkeit, die sich des allergrößten Ansehens erfreute, und zwischen der und dem höchsten aller Stände, dem Priesterstande, sich bei einzelnen Völkern sogar gewisse Zusammenhänge vermuten lassen. Noch heute zeigt die Ausgestaltung mancher technischer Werke, welch hohe Ehre der Techniker im Altertume genoß; gab es doch z. B. im alten römischen Reiche fast keine Brücke, die nicht durch eine Art von Triumphbogen für ihren Erbauer gekrönt war. Die Mächtigen der Erde zogen den Techniker zu sich heran und gaben ihm in einzelnen Fällen eine ganz besondere hohe Stellung. Vielfach wurden auch eigene Gelegenheiten für die Ausbildung von Technikern geschaffen. Es gab besondere technische Behörden, und zwar sowohl staatliche wie städtische, ja manche Heere hatten sogar ein besonderes Ingenieurkorps.

Sehr weitgehend war im Altertume der Einfluß der Technik auf das Staatswesen, und zahlreiche Kennzeichen deuten darauf hin, daß man sich dieses Einflusses auch im vollen Maße bewußt war. Nur durch die Ausnützung technischer Hilfsmittel ließ sich der Staat erhalten, nur durch sie ließ sich jener Wohlstand schaffen, der die Grundlage seines Daseins bildete. In fast allen Reichen des Altertums wehrten die Techniker den Überschwemmungen der Flüsse und retteten dadurch weite Gebiete vor dem Untergange. Sehr häufig verstanden sie es, Sumpfgebiete durch Trockenlegung in fruchtbares Land und sandige Wüsten durch wohlausgebaute Bewässerungsanlagen in blühende Getreidefelder umzuwandeln. Sie waren es, die das Straßennetz schufen, das es ermöglichte, das Heer rasch an die entferntesten Grenzen des Reiches zu senden und diese dadurch nicht nur gegen feindliche Einfälle zu schützen, sondern sogar immer noch weiter hinauszurücken. Den Technikern verdankte man die starken Mauern, die dem Ansturme der Feinde trotzten, sie waren es, die alle jene Maschinen bauen mußten, durch die man den Gegner niederzwang. Der Techniker baute und verbesserte die zahlreichen Hilfsmittel des Verkehrs und trug so dazu bei, daß der Handel, diese hauptsächlichste Grundlage des Wohlstandes, blühte. So zeigten sich zwischen dem Bestehen des Staates und der antiken Technik zahlreiche Wechselbeziehungen, die rückwirkend wieder ihren Einfluß auf das Leben des einzelnen geltend machten. Die Technik schuf den Wohlstand, der Wohlstand stellte die Technik vor neue Aufgaben. Durch ihn entwickelt sich das künstlerische Leben, und hier ist es dann wieder die Technik, die der Kunst zahlreiche Hilfsmittel bereitet und zur Verfügung stellt. Die Städte und die Häuser gewinnen an Ausdehnung: Der Technik bleibt es vorbehalten, in Form von Kanalisation, Wasserleitung usw. usw. die hygienischen Grundlagen zu schaffen, deren Notwendigkeit für jede größere Gemeinde man schon im Altertum erkannt hatte. Welche schwierigen Aufgaben sie dabei zu lösen hatte, und wie meisterhaft ihr diese Lösung gelang, dessen sind die gewaltigen Überreste ihrer einstigen Leistungen heute noch unvergängliche Zeugen.

So stand also auch im Altertume bereits das gesamte staatliche und öffentliche Leben in weitgehendstem Maße unter dem Einflusse der Technik, und man kann wohl behaupten, daß auch damals schon jener Staat die besten Aussichten für die Zukunft hatte, der über die besten Techniker und über die besten technischen Hilfsmittel verfügte. Daß man sich dieser Tatsache wohl bewußt war, dafür sind uns zahlreiche Beweise erhalten. Nur wer die alte Technik kennt, ist imstande, das Altertum im vollen Umfange geistig zu erfassen!

Der Bergbau.

Ohne Bergbau keine Technik! Diese Wahrheit galt schon im Altertume, denn auch damals wäre jede technische Entwicklung unmöglich gewesen, wenn man es nicht verstanden hätte, der Erde die Schätze abzuringen, die sie in ihrem Schoße verbarg. Mit dem, was sie freiwillig darbot, ließ sich verhältnismäßig wenig anfangen. Holz und sonstige Pflanzenteile, herumliegende Steine, die Knochen erlegter Tiere und die Gräten gefangener Fische mochten dem Urmenschen und dem Wilden genügen. In dem Augenblicke, wo jene vielseitige Entwicklung menschlicher Tätigkeit einsetzte, die wir unter dem Begriffe der „Kultur" zusammenfassen, war man genötigt, sich nach anderen Hilfsmitteln umzusehen. Man brauchte Werkzeuge, um die zum Hausbau erforderlichen Materialien zu bearbeiten. Ackergeräte sowie bessere Waffen wurden nötig, und das häusliche Leben stellte so mancherlei Anforderungen, denen sich nur dadurch genügen ließ, daß man sich neue Stoffe dienstbar machte. Diese aber konnten zum großen Teil nur auf dem Wege des Bergbaus gewonnen werden.

Es läßt sich daher wohl behaupten, daß der Beginn der Kultur und die Anfänge des Bergbaus bei den einzelnen Völkern zusammenfielen. Freilich ist von keinem einzigen Volke des Altertums mit auch nur einigermaßen hinreichender Genauigkeit mehr festzustellen, wann dort die Technik des Bergbaues begann. Wahrscheinlich sind einzelne Völker des Orients ganz von selbst und in natürlicher Entwicklung dazu gekommen, die Tiefen der Erde nach Schätzen zu durchwühlen. Sie fanden bald hier, bald dort brauchbare Steine oder Edelmetalle. Der Wunsch, mehr davon zu besitzen, veranlaßte sie dann, weiter zu graben. So hat sich wohl hier zuerst eine bergbauliche Technik entwickelt. Als nun später Handel und Verkehr einsetzten, ging diese Technik auf andere Völker über. So berichtet z. B. die griechische Sage, daß der wahrscheinlich aus Phönizien stammende Kadmos am Berge Pangaeus in Thrazien Gold- und Silberbergwerke eröffnet habe, die wir wohl als die ältesten Europas ansehen dürfen. Ebenso sind Metallgruben auf einigen Inseln des Mittelmeeres und an den Küsten Spaniens durch die Phönizier angelegt worden. Auf ähnliche Weise kam der Bergbau durch den Verkehr in andere Länder, wie z. B. nach Britannien, wo Kaiser Hadrian, als er im Jahre 120 mit der sechsten Legion dorthin kam, sofort Bergwerke in Betrieb setzte, die bis zum Jahre 409 ausgebaut wurden. Natürlich brachte er auch die in den römischen Gruben übliche Bergbautechnik mit nach der britannischen Halbinsel.

Diese Technik stand nun bei den verschiedenen Völkern des Altertums auf einer verschieden hohen Stufe. Eine besondere Entwicklung zeigte sie bei den Ägyptern, die wahrscheinlich bereits zwischen 4000 und 3000 v. Chr. Kupferbergwerke auf der Sinai-Halbinsel anlegten. Außerdem aber sind uns aus jener Zeit noch die gewaltigen Steinbrüche von Turra bei Kairo erhalten, die den Beweis liefern, daß man bereits damals vom gewöhnlichen Tagebau zur Anlegung von Schächten übergegangen war. Man begnügte sich also in Ägypten nicht damit, den Berg einfach ab-

zutragen, sondern man drang tief in sein Inneres vor. Brunnen aus jener Zeit, wie z. B. der Josephsbrunnen in Kairo, führen bis zu 90 Meter senkrecht in die Tiefe. Wenn man schon um das Jahr 2500 v. Chr. derartige Brunnenschächte herzustellen verstand, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß man von dieser Fähigkeit auch für den Bergwerksbetrieb mancherlei Anwendung machte.

In ähnlich hoher Blüte wie bei den Ägyptern stand der Bergbau auch bei den Indern und bei den Chinesen, die gleichfalls schon vor etwa 5000 Jahren Bergwerke anlegten. Zwar sind diese Bergwerke heutzutage meist verschüttet, und die Forschung hat sich wenig mit ihnen beschäftigt, doch ergibt sich aus anderen Spuren die Tatsache, daß man auch schon damals das metallhaltige Erz von dem begleitenden „tauben Gestein" wohl zu unterscheiden verstand. Man trennte beide und warf, genau so wie jetzt, das nicht Verwertbare auf großen Halden zusammen. Die Halden unserer heutigen Bergwerke bilden für den Mineralogen, den Geologen, den Bergingenieur und für die Vertreter noch mancher anderer Zweige der Forschung eine unerschöpfliche Fundgrube. Ebenso sind auch die Halden alter Bergwerke jetzt noch sprechende Zeugen für den Stand einer untergegangenen Technik. Sie lassen uns erkennen, welche Metalle man damals zutage förderte, und geben uns Aufschluß über die Hilfsmittel, deren man sich dabei bediente. Über die Metalle und ihre weitere Verarbeitung ist in anderen Abschnitten dieses Werkes Näheres mitgeteilt. Hier, wo nur vom Bergbau gesprochen werden soll, interessiert uns in erster Linie die Art und Weise, wie damals die Bergwerke angelegt und betrieben wurden.

Ehe wir jedoch hierauf näher eingehen, sei noch vorausgeschickt, daß Anlage und Betrieb solcher Bergwerke bei fast allen Völkern des Altertums nach gleichen Grundsätzen gehandhabt wurden. Es wurde ja eben schon angedeutet, daß die Technik infolge der Entwicklung von Handel und Verkehr von einem Volk auf das andere überging. So finden wir also in den indischen und chinesischen Bergwerken so ziemlich dieselben Zustände wie später in den phönizischen und ägyptischen und noch später in den griechischen, römischen, keltischen, gallischen, britannischen usw. usw. Die Schätze, die man suchte, und die Erze, die man förderte, sind je nach dem Lande oft mehr oder minder verschieden, die Art und Weise ihrer Gewinnung bleibt so ziemlich dieselbe.

Der Bergarbeiter des Altertums war fast stets Sklave oder Verbrecher. Dieser Umstand erklärt, warum die verwendeten Hilfsmittel durch Jahrtausende hindurch so ziemlich die gleichen geblieben sind. Die Maschine hat den Zweck, die Arbeit des Menschen zu erleichtern oder Zeit und Arbeitskräfte zu sparen. Dem Sklaven brauchte man es nicht leicht zu machen, man hatte kein Mitgefühl mit ihm und seinem harten Los, das ihn bis zu seinem Ende in den finsteren Tiefen der Erde unter Qualen und Entbehrungen festhielt. Sklaven gab es meist im Überfluß, nach Feldzügen gewöhnlich so viele, daß man sie in großen Mengen hinrichtete. An Arbeitskräften war somit kein Mangel, und der Wert der Zeit war noch ein sehr geringer. So kommt es, daß in fast allen Bergwerken des Altertums mit äußerst einfachen Hilfsmitteln gearbeitet wird. In den von den Römern und Karthagern bearbeiteten Kupferminen von Rio Tinto und Tharsis in der spanischen Provinz Huelva ging die Einfachheit dieser Hilfsmittel so weit, daß die in den Bergwerken beschäftigten Sklaven die über den Erzen lagernden Tonschichten mit den Händen abkratzen mußten. Man sieht im Ton der alten Gruben heute noch Tausende von Fingerabdrücken, an denen man eine merkwürdige Beobachtung machen kann. Der Daumen ist nämlich durch die Eigenart der Arbeit ganz besonders entwickelt, genau so, wie er ja auch jetzt noch bei manchen Handwerkern eine besondere Entwicklung aufweist. Im übrigen aber arbeitete man im allgemeinen mit Hämmern und Keilen, wohl auch mit Knochen und Geweihen. Das bekannte

Bergwerkszeichen besteht aus zwei gekreuzten hammerartigen Werkzeugen, dem „Schlägel" und dem „Eisen", von denen das eine als Hammer dient, während das andere mit seiner Spitze in das Gestein hineingehämmert wird. Dieselben Formen weisen auch die Handwerkszeuge des alten Bergbaues auf: Ganz gleich, ob sie aus Horn, Knochen, Stein oder Metall hergestellt sind, wir finden immer das Eisen, also den Spitzkeil, der gegen das Gestein gehalten wird, und auf dem man mit dem Schlägel hämmert. Bezeichnenderweise heißt der Schlägel heute noch in der Bergmannssprache auch „Fäustel", eine Benennung, die uns erklärlich wird, wenn wir in den alten Bergwerken oder auf ihren Halden Steine finden, deren Gestalt darauf hinweist, daß sie als Hammer benutzt und einfach mit der Faust gehandhabt wurden. In einem verschütteten Gange des erwähnten altrömischen Bergwerkes in der spanischen Provinz Huelva lagen fünfzehn Skelette, von denen, als man sie aufdeckte, einzelne noch mit der Faust den steinernen „Fäustel" umspannten. Der „Fäustel" wurde aber sehr oft auch mit einem Stiel versehen und so zum richtigen Hammer, ebenso wie man auch durch den Spitzkeil einen Stiel hindurchsteckte oder ihn mit Hilfe von Stricken daran festband.

Derartige Werkzeuge finden wir auch auf den alten, wahrscheinlich aus dem 7. oder 6. Jahrhundert v. Chr. stammenden Weihetäfelchen abgebildet, die fast die einzigen erhaltenen bildlichen Darstellungen vom Betrieb alter Bergwerke sind. Diese aus bemaltem Ton bestehenden Weihetäfelchen, die sogenannten „korinthischen Pinakes", die sich größtenteils im Berliner Antiquarium befinden, zeigen, daß die Arbeit in den Bergwerken wegen der Hitze gewöhnlich in nacktem Zustande vorgenommen wurde, oder daß man nur einen Schurz trug. Die Form des Hammers und die Länge des Stiels war ebenso wie die der übrigen Werkzeuge der Art des Gesteins sowie der Art der Arbeit, die bald im Stehen, bald im Sitzen, bald im Liegen ausgeführt wurde, angepaßt. Wir erkennen aus den Täfelchen, daß die Bergwerke auch durch von der Decke herabhängende Amphoren erleuchtet wurden, sodaß also die Beleuchtung nicht immer durch die meist in kleinen Gesteinshöhlungen aufgestellten Lampen geschah und daß Knaben das Gestein in Henkelkörben sammelten, die dann verschnürt, in die Höhe gereicht und durch andere Knaben weiter gegeben oder fortgetragen wurden (siehe Abb. 1 und 2).

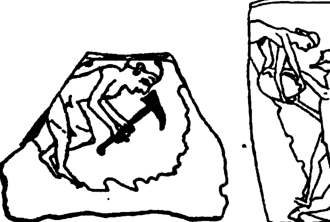
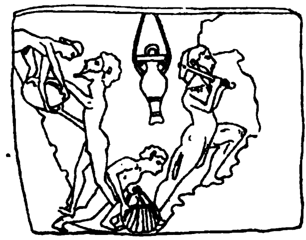



Abb. 1 u. 2. Darstellung von Arbeiten in Bergwerken des Altertums nach korinthischen Pinakes.

Man muß staunen, wenn man bedenkt, daß mit derartigen einfachen Werkzeugen lange Gänge in das Gestein hineingehauen wurden. Man hat berechnet und aus den Spuren der Spitzkeile festgestellt, daß man im Laufe von vierundzwanzig Stunden in noch verhältnismäßig weichem Gestein nur etwa um einen Zentimeter vordrang. Der Fortschritt in hartem Gestein betrug bei den Völkern des Altertums durchschnittlich nicht mehr als acht bis zehn Meter pro Jahr. Diese geringe Leistung glich man dadurch aus, daß man die Gänge sehr niedrig machte, daß man nur an den Erzadern entlang arbeitete und sich nach Möglichkeit hütete, überflüssiges Gestein zu entfernen. Die Stollen und Gänge wurden infolgedessen so eng, daß sich ein Sklave nur mit Mühe und Not hindurchzwängen konnte. In manchen Bergwerken, insbe-

sondere in den ägyptischen, griechischen und römischen, verwendete man, um möglichst wenig Gestein entfernen zu müssen, sogar vielfach nur Kinder. Trotzdem die Sklaven durch den Aufenthalt in den Bergwerken, durch die ungesunde Stellung beim Arbeiten sowie durch Krankheiten — in Bleibergwerken insbesondere durch die Bleikrankheit — entkräftet waren, mußten sie doch oft sehr schwere Werkzeuge handhaben. Man hat Hämmer gefunden, deren Gewicht zwischen 9½ bis 12 Kilogramm schwankt.

Dabei fehlte es an allen und jeglichen Sicherheitsvorkehrungen. Die Gänge wurden nicht gestützt und fielen deshalb sehr oft ein, die Arbeiter unter sich begrabend. Zahlreich sind die Funde von Skeletten erschlagener Bergwerkssklaven, die in alten Gruben gemacht werden. Ebensowenig suchte man die Luft zu erneuern oder sonstige gesundheitliche Maßnahmen zu treffen. War die Luft im Innern des Bergwerkes so heiß und schlecht geworden, daß man sie nicht mehr atmen konnte, so verließ man den Ort und nahm eine neue Stelle in Angriff. Besonders empfindlich dürften sich diese Verhältnisse überall da geltend gemacht haben, wo man außer mit Schlägel und Eisen auch noch mit dem einzigen sonstigen technischen Hilfsmittel arbeitete, das zum Loslösen der Gesteine geeignet war, nämlich mit dem Feuer. Man erhitzte das Gestein und begoß es dann mit Wasser. Rauch und Qualm fanden keinen Abzug. Diese Art der Anlegung von Stollen und Gängen beschreibt Plinius folgendermaßen: „Es werden Stollen in die Berge getrieben und weitläufig untersucht. Man nannte diese Stollen arrugia, kleine Wege oder kleine Straßen. Oft stürzten diese Stollen ein und begruben unter sich viele Arbeiter. Kommen sehr harte Gesteine vor, so versucht man sie mit Feuer und Essig zu sprengen.[1]) Weil der dadurch entwickelte Dampf und Rauch oft die Arbeiter erstickte, so zerschlagen die letzteren lieber das Gestein in Stücken von 150 Pfund und darüber und verwenden dazu eiserne Keile und Hämmer. Diese Stücke werden aus den gehauenen Gängen fortgeschafft, so daß eine freie Höhlung entsteht. Solcher Höhlungen werden so viele, eine neben der anderen, in den Berg eingetrieben, bis dieser mit Krachen und Getöse zusammenstürzt, und das innere Gestein zutage tritt. Häufig tritt die gesuchte und erhoffte Goldader nicht zutage, und die schwere und langandauernde Arbeit, die oft viele Menschenleben gekostet hatte, war vergebens gewesen."

Es ist erstaunlich, daß man mit derartig einfachen Hilfsmitteln bis zu oft beträchtlichen Tiefen vorzudringen vermochte. Wenn Diodor erzählt, die Römer hätten Gruben gehabt, die „stadientief" waren, so ist dies durchaus keine Übertreibung; hat man doch z. B. in einer spanischen Grube in zweihundert Meter Tiefe eine Kupfertafel mit einer altrömischen Inschrift gefunden[2]).

Nicht minder einfach erfolgte jener Teil des Bergwerksbetriebes, den man heutzutage die „Förderung" nennt. Das Erz wurde in Säcke oder Tröge eingefüllt und von Kindern, die in den niedrigen Stollen oft allein mit der Last vorwärts kommen konnten, herausgeschleppt. War man im Innern des Berges auf eine Höhlung gestoßen, so sortierte man es wohl schon hier, sonst aber fand die Sortierarbeit erst „über Tag" statt. Aus der Größe der Säcke und dem spezifischen Gewichte der Erze hat man berechnet, daß die von einem solchen Kinde getragene Last oft bis zu zwanzig Kilogramm betrug. Wie viele dieser armen Kinder mögen nicht unter derartig schweren Lasten und unter den Peitschenhieben der Aufseher zusammengebrochen sein! Manche Gänge alter Bergwerke sind so steil, daß man, ebenso wie auch bei den senkrechten Schächten, die Verwendung von Seilen zur Förderung annehmen muß. Gefunden haben sich solche Seile aber nicht.

[1]) Über den „Essig" zum Sprengen der Gesteine siehe Seite 468.
[2]) Über das „Stadion" siehe Seite 505.

Je weiter man in die Tiefe kam, desto häufiger stieß man natürlich auch auf Wasseradern, desto häufiger mögen sich Wassereinbrüche ereignet haben. Aber auch eine „Wasserhaltung" in unserem Sinne gab es nicht. Das Wasser wurde mit Gefäßen oder ledernen Schläuchen ausgeschöpft, die von Hand zu Hand weitergereicht wurden. Die Ägypter zogen solche Säcke an Seilen empor, die mit einer Haspel aufgewunden wurden, eine Art der Wasserförderung, die man ja von den urältesten Zeiten bis auf den heutigen Tag auch noch an den Brunnen vielfach zur Anwendung

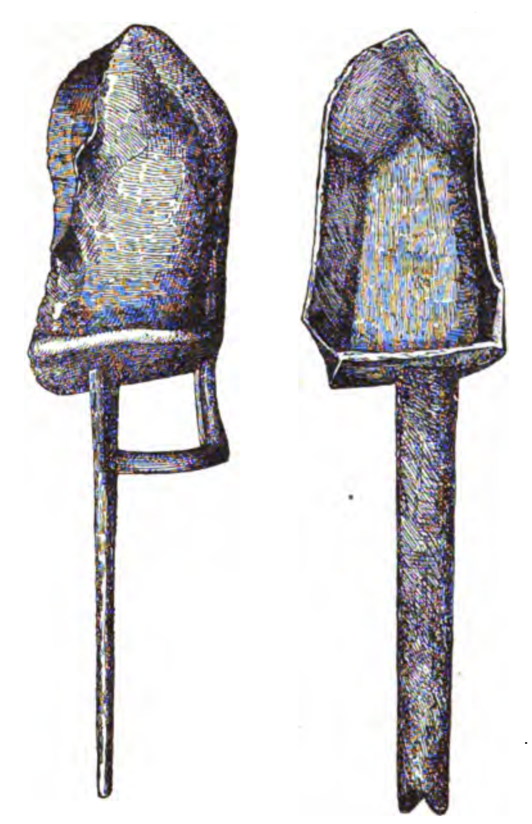


Abb. 3 und 4. Löffelartige Bergwerkslampen aus Blei. Gefunden zu Villefranche.

bringt. Konnte man des Wassers nicht mehr Herr werden, so mußte man eben notgedrungen das ganze Bergwerk ersaufen lassen, womit nicht selten die Arbeit vieler Jahrzehnte, ja oft von Jahrhunderten zunichte gemacht war.

Die Beleuchtung entsprach in bezug auf ihre Einfachheit allen übrigen Einrichtungen der damaligen Bergwerke. Sie geschah vielfach mit Holzstücken, die mit Harz oder Fett getränkt und an den Wänden mit Lehmklumpen befestigt waren. Auch Reisigbündel wurden angezündet. In einzelnen altrömischen Bergwerken, wie z. B. in dem zu Villefranche, fand man auch bleierne löffelartige Bergwerkslampen. (Abb. 3 und 4). Der Hohlraum des Löffels wurde mit Öl gefüllt, in das ein Docht gelegt wurde, den man anzündete. Die Lampe wurde dann an einem geraden Stiel ge-

halten. Im gleichen Bergwerke sind auch tönerne Krukenlampen gefunden worden, die in bezug auf Form und Aussehen jenen entsprechen, wie man sie auch zur häuslichen Beleuchtung verwendete (Abb. 5 bis 7).

Die Technik des Bergbaus zeigt während des ganzen Altertums, und zwar von den ältesten Spuren bis zum Untergange des römischen Weltreichs, fast keine Fort-

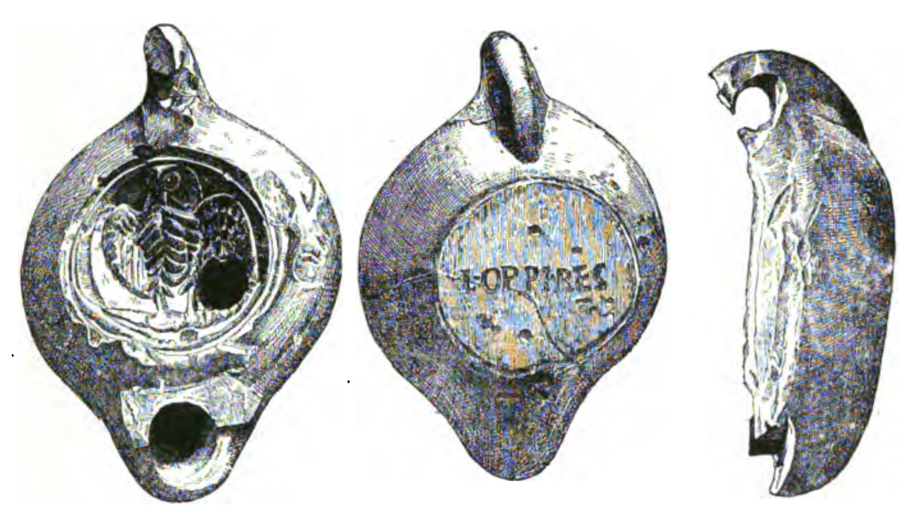


Abb. 5, 6 und 7. Tönerne Krukenlampen als Bergwerkslampen verwendet. Gefunden zu Villefranche.

schritte in bezug auf die verwendeten technischen Hilfsmittel. Umsomehr müssen uns die gewaltigen Leistungen in Erstaunen setzen, die man auf diesem Gebiete sowohl in bezug auf die Tiefe der Schächte wie auch in bezug auf die Menge der geförderten Erze vollbrachte, Leistungen, die eben nur durch die Unmasse des zu ihrer Erzielung geopferten Menschenmaterials ihre Erklärung fanden.

Literatur zum Abschnitt: „Bergbau“.

Beck, Die Geschichte des Eisens. Erste Abteilung. Braunschweig 1891.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Vierter Band. Leipzig 1887.

— Technische Probleme aus Kunst und Handwerk der Alten. Berlin 1877.

Daubrée, Aperçu historique sur l'exploitation des mines métalliques dans la Gaule. Paris 1881.

Freise, Bergbau vor 5000 Jahren. Technische Monatshefte 1914, 1, S. 31.

— Berg- und hüttenmännische Unternehmungen in Asien und Afrika während des Altertums. Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1908, Bd. 56, S. 347 ff.

Herodot, Geschichten. 1. Buch, 185; 6. Buch, 46—47.

H. H. Montanus, Antiker Bergbau in Griechenland. Mont. Rundschau 1902, S. 1202 1244.

Mosso, Le armi più antiche di rame e di bronzo. Roma 1908.

— Der Bergwerksbetrieb der Alten. Welt d. Technik 1911, 4. 76.

Rohrer, Die alten Kupfergruben in Chalkis. Athen 1909.

Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschrift „Die Kultur“ 1905, S. 474.

Treptow, Bergbau und Hüttenwesen. Leipzig 1900.

— Die älteste Geschichte des Bergbaus und die geschichtliche Sammlung für Bergbaukunde der königl. Sächsischen Bergakademie Freiberg. Vortrag, gehalten auf der Naturforscherversammlung zu Dresden, September 1907.

— Der altjapanische Bergbau- und Hüttenbetrieb. Sonderabdruck aus dem Jahrbuch f. d. Berg- u. Hüttenwesen im Königreich Sachsen. Jahrgang 1904.

Vom Bergbau der alten Römer. Welt d. Technik 1904, S. 396.

Die Metalle und ihre Gewinnung.
(Das Hüttenwesen.)

Der griechische Dichter Hesiod, der um das Jahr 770 v. Chr. lebte, erzählt die bekannte Geschichte von den vier verschiedenen Zeitaltern des Menschengeschlechts: dem goldenen, dem silbernen, dem bronzenen und dem eisernen. Lange Zeit hat man an diese Fabel geglaubt und angenommen, daß den Menschen zuerst das Gold, dann das Silber, hierauf die Bronze und schließlich das Eisen bekannt geworden sei. Neuere Forschungen haben die Unhaltbarkeit dieser Annahme erwiesen. Es hat sich gezeigt, daß man bei den Völkern des Altertums von irgendeinem durch die hauptsächlichste Benutzung eines Metalls gekennzeichneten Zeitalter überhaupt nicht sprechen kann. Zunächst läßt sich überhaupt nicht feststellen, welches Metall der Mensch zuerst kennen lernte; dann aber ergeben sich durchaus nicht bei allen Völkern die gleichen Verhältnisse. So ist ein „bronzenes Zeitalter" im Hesiodschen Sinne schon deshalb ein Ding der Unmöglichkeit, weil es im Altertume viele Völker gab, denen die zur Herstellung der Bronze nötigen Stoffe überhaupt fehlten. Sie konnten die Bronze also erst dann kennen lernen, wenn zwischen ihnen und anderen Völkerschaften, die über die zur Herstellung dieses Materials nötigen Stoffe verfügten, Handelsbeziehungen bestanden. Knüpften sich aber schon vorher Handelsbeziehungen zu anderen, mit der Eisengewinnung vertrauten Völkern an, so mußte bei ihnen dem bronzenen Zeitalter natürlich ein eisernes vorangehen. Andererseits gehört das Gold sicherlich zu den ältesten überhaupt bekannten Metallen; mußte doch überall da, wo es sich in Form von Körnern in Flüssen abgelagert hatte, sein Glanz schon frühe die Aufmerksamkeit erregen. Nicht überall aber findet man derartiges gediegenes Gold, und so manches Volk hat sicherlich schon lange andere Metalle gekannt und benutzt, ehe es Gold zum ersten Male zu Gesicht bekam.

Gold.

Im allgemeinen läßt sich die Behauptung aufstellen, daß die meisten Völker beim Beginn ihrer geschichtlichen Zeit das Gold, das Silber, das Kupfer, das Eisen, das Blei und vielfach auch das Zinn kannten. Von den Ägyptern steht fest, daß sie bei ihrem Eintritt in die Geschichte, also etwa um das Jahr 3000 v. Chr., mit dem Golde, dem Kupfer, dem Silber, dem Blei und dem Eisen bekannt waren. Das Gold, von ihnen „Nub" genannt, war angeblich von Osiris entdeckt worden und wurde von dem Goldlande, von „Nubien", geliefert. Da die Nubier ihre Goldschätze nicht freiwillig herausgaben, so fanden ständig Kriegszüge der Ägypter dorthin statt. So groß soll der Reichtum Ägyptens bezw. Aethiopiens an Gold gewesen sein, daß man, wie Herodot erzählt, selbst die Gefangenen mit goldenen Ketten fesselte, worüber die Abgesandten des Perserkönigs Kambyses sehr erstaunten. (Herodot III. 22. 23). Nun bestehen aber die Erzählungen Herodots aus einem Gemenge von

Dichtung und Wahrheit. Da man niemals goldene Sklavenketten aufgefunden hat, so dürfte diese Erzählung wohl in das Reich der Fabel zu verweisen sein. Immerhin war der Reichtum, den Ägypten aus den nubischen Goldbergwerken zog, ein ungeheurer. Diodor berichtet, daß die jährliche Ausbeute der nubischen Goldgruben zur Zeit Ramses' II. (1300—1230 v. Chr.) an die 32 Millionen Minen, d. h. etwa 2660 Millionen Mark betragen habe.

Von der Technik der altägyptischen Goldgewinnung hinterließ uns Diodor eine ausführliche Beschreibung. Das nubische Gold war in Form von Adern in Quarz eingesprengt. Sklaven und Verbrecher arbeiteten in der schon im Abschnitte „Bergbau" beschriebenen Weise, indem sie mit Hilfe von Hammer und Spitzkeil Gänge aushieben, die in der Richtung der Goldadern verliefen. Knaben unter 17 Jahren schleppten die Steine heraus, die dann in Steinmörsern mit Hilfe eiserner Stempel zerstoßen wurden. Die Zerkleinerung des goldhaltigen Rohmaterials wird zunächst bis zur Erbsengröße durchgeführt. Die erbsengroßen Stücke werden in steinernen Mühlen zu Pulver zermahlen. Das Pulver kommt auf Holztische und wird dort mit Wasser geschlämmt, wobei Schwämme zur Anwendung kommen, an denen sich die Goldflitter festsetzen. Durch das Schlämmen wird der leichte Sand weggeführt, während der infolge seines Goldgehaltes schwerere liegen bleibt. Er wird dann mit Blei verschmolzen,

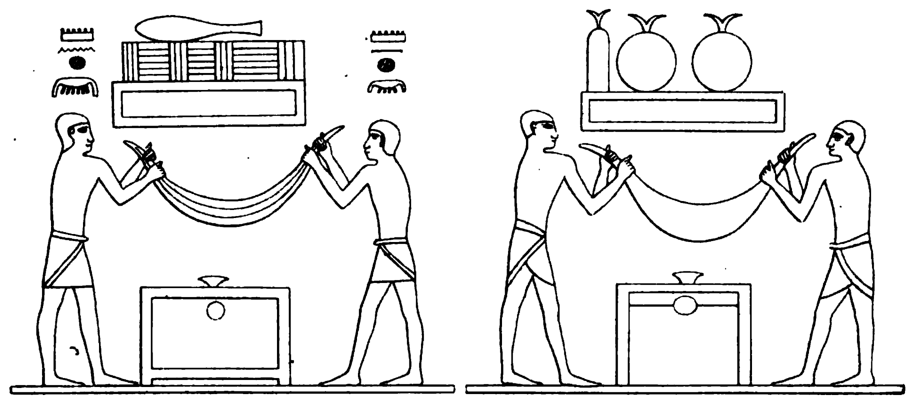


Abb. 8. Auswaschen des Goldes in Ägypten.

Zwei Arbeiter behandeln das Gold in einem Sack, den sie hin- und her schleudern, mit Wasser, um die leichteren Sandteile zu entfernen. In den Säcken befinden sich wahrscheinlich Schwämme, in denen die Goldkörner hängen bleiben. Darunter stehende Tische scheinen nach Ansicht des Verfassers als Truhen ausgestaltet zu sein, in die oben durch den angedeuteten Trichter das Waschwasser hineinläuft. Es sammelt sich in der Truhe unter der Tischfläche, so daß das in ihm etwa noch enthaltene Gold gleichfalls gewonnen werden kann.

Darstellung aus Beni Hassan. 16. Jahrh. v. Chr.

um das Gold von der Gesteinsart zu trennen. Dann folgt ein abermaliges Einschmelzen unter Zugabe von neuem Blei und Kochsalz, das fünf Tage lang dauert. Die Verunreinigungen des Goldes, die aus ihnen und den Zusätzen gebildeten Verbindungen sowie der Überschuß dieser sublimieren teilweise, teilweise aber verschlacken sie zusammen mit dem Chlorsilber, das aus dem im Gold enthaltenen Silber entstanden ist, mit der Masse des Tiegels. Im Tiegel selbst bleibt reines Gold zurück. Zum Betriebe der Schmelzöfen verwendet man Blasebälge, die mit Hilfe von Stricken hochgezogen und mit dem Fuße wieder niedergetreten werden.

In ähnlicher Weise dürfte die Gewinnung des Goldes auch bei den Völkern des Orients vor sich gegangen sein. Bei ihnen allen findet sich Gold, das teils aus

eigenen Betrieben stammt, teils aus Afrika eingeführt wurde. Einzelne Länder, wie z. B. das sagenhafte Goldland Ophir, aus dem König Salomon das zum Tempelbau nötige Gold bezog, sind wegen ihres Goldreichtums berühmt. Allerdings stand die Technik der Goldgewinnung nicht überall auf so hoher Stufe wie bei den alten Ägyptern, bei denen, wie wir sahen, bereits chemisch-hüttenmännische Verfahren zur Anwendung kamen. Überall da, wo man das Gold an sekundären Lagerstätten, also bereits aus den verwitterten Gesteinen ausgeschwemmt, vorfand, bediente man sich einfacherer Hilfsmittel, um es zu gewinnen. Strabo (XI 2, 19) beschreibt diese Art der Gewinnung folgendermaßen: „Es wird erzählt, daß die Bergwässer auch Gold talwärts bringen, und daß es die Barbaren in Trögen auffangen, die mit Löchern versehen sind und in langhaarigen Fellen, woher auch erzählt worden ist die Fabel vom Gold tragenden Vlies". Diese Art der Gewinnung bestätigt Appian (Bellum Mithridaticum): „Gold führen aus dem Kaukasus heraus viele Quellen in unsichtbaren Körpern, und die Bewohner legen Schaffelle in die Strömung hinein, und zwar dichthaarige. Das Körnchen nun, das darin festgehalten wird, sammeln sie aus ihnen heraus. Ein solches Fell war vielleicht auch das goldene Vlies des Aetes". In der Tat stellt sich der Argonautenzug (etwa 1350 v. Chr.), den die Griechen nach dem Goldlande Kolchis unternahmen, als ein gewöhnlicher Raubzug dar, der wohl weiter keinen Zweck hatte, als goldene Vliese, d. h. die zum Auffangen der Goldkörner in die Strömung gelegten Widderfelle zu erbeuten. Somit gibt uns diese altgriechische Säge vom Zuge der Argonauten einen bemerkenswerten Einblick in eine alte Technik der Goldgewinnung, die im übrigen noch vor wenigen Jahrzehnten in Afrika und Kalifornien in ähnlicher Weise ausgeübt wurde. Auch die Römer bedienten sich ähnlicher Verfahren, als sie die spanischen Goldlager ausbeuteten. Hier fand sich das Gold im Innern von Bergen. Es handelte sich darum, es zunächst einmal an das Tageslicht zu schaffen, wozu man nach den Mitteilungen des Plinius ein eigenartiges Verfahren verwendete. Man drang durch Anlage von Schächten in das Berginnere vor und schuf dort eine Höhlung, deren Decke durch Pfeiler gestützt wurde. Dann brachte man diese Pfeiler und damit die ganze Höhlung zum Einsturz. Das Geröll wurde durch Flüsse, die man in besonders angelegten Leitungen („corrugi") in das Innere des Berges hineinführte, herausgewaschen. Die Wassermassen wurden in zahlreiche Gräben („agogas") verteilt, in denen sie langsam dahinflossen. In diese Gräben legte man dann Laubwerk und Reiser, die die Stelle des Vlieses vertraten. In ihnen sammelte sich das Gold, das dann zusammmengeschmolzen wurde. Nach Berechnungen von Breidenbach haben die Römer (hauptsächlich in den spanischen Goldgruben) auf diese Weise etwa 500 Millionen Tonnen (1 Tonne = 1000 Kilogramm) Gesteinsmassen auf Gold verarbeitet.

Silber.

Das Silber, auch weißes Gold genannt, kam bei den Ägyptern erst nach dem Golde zur Verwendung. Wahrscheinlich wurde es von den Phöniziern nach Ägypten eingeführt. Eine Legierung von Gold und Silber, „Asem" genannt, wurde im Altertum als selbständiges Metall angesehen. Diese Legierung, die neueren Analysen zufolge $^4/_5$ bis $^3/_4$ Gold und $^1/_5$ bis $^1/_4$ Silber enthält, wird von Plinius „Elektron"[1]) genannt und stellt eine Verbindung dar, die man sowohl auf natürlichem Wege wie

[1]) Nach der Ansicht von Rhousopoulos rührt der (schon im alten Griechenland gebräuchliche) Name daher, daß die Farbe der Legierung der des Bernsteins (ἤλεκτρον) ähnelte.

auch auf künstlichem erzeugen kann. Die Römer, die sie auf künstlichem darstellten, hatten also im Gegensatz zu den Ägyptern bereits erkannt, daß das „Asem" bzw. „Elektron" kein selbständiges Metall ist. Hingegen ist Plinius das gediegene Silber nicht bekannt, was um so mehr wundernehmen muß, als ja wohl ein beträchtlicher Teil des im Altertume verwendeten Silbers im gediegenen Zustande gefunden worden sein dürfte. Die attischen Silberbergwerke lieferten bei Beginn der Perserkriege (490—449 v. Chr.) für über zwei Millionen Mark Silber. Wie alt die Verwendung des Silbers in Griechenland war, mag man daraus ersehen, daß bereits Homer verschiedentlich von seiner Verwendung spricht. So erzählt er z. B., daß das Schwert des Achilleus ein silbernes „Heft" (Ilias I. 219) und daß sein Schild ein silbernes Gehenk hatte (Ilias XVIII. 480) usw. Man kann wohl behaupten, daß das Silber bei allen Völkern des Altertums weiter verbreitet war als das Gold. Germanien ist arm an diesem Metall. Zur Zeit des Tacitus befindet sich in diesem Lande nur ein einziges Silberbergwerk.

Soweit man das Silber nicht in gediegenem Zustand auffand, wurde es aus silberhaltigen Erzen durch hüttenmännische Verfahren gewonnen. Welcher Art

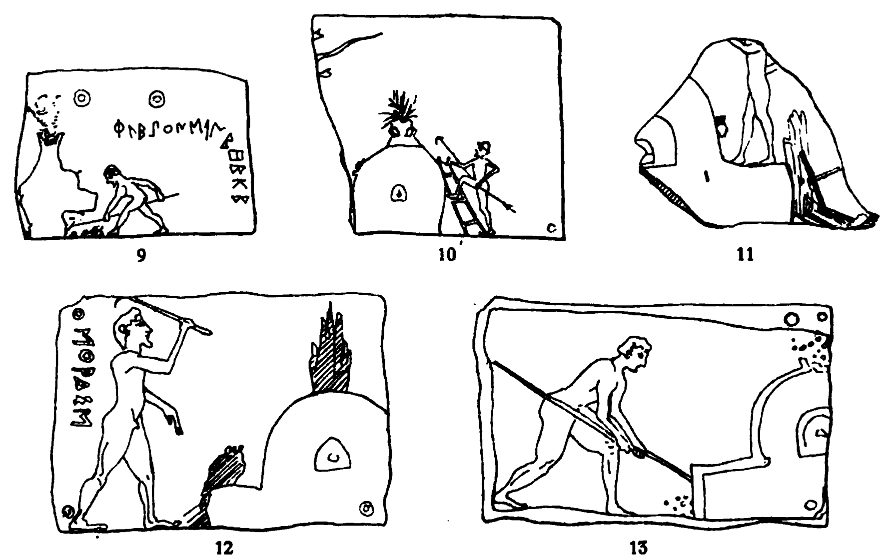


Abb. 9—13. Darstellung alter metallurgischer Öfen auf korinthischen Pinakes.

diese Verfahren aber waren, darüber lassen sich keinerlei zuverlässige Angaben machen. Sie werden in alten Schriftstellern zwar erwähnt, aber niemals eingehender beschrieben, und die fast einzige eingehendere Beschreibung, die uns erhalten geblieben ist, die von Plinius,[1]) ist so unklar und verworren, daß man sich kein rechtes Bild vom Vorgange der Silbergewinnung machen kann. Wahrscheinlich verstand Plinius selbst nicht viel davon und schrieb nur das, was er gehört hatte, in unklarer Form nieder. Jedenfalls aber geht aus seinen Angaben sowie aus denen von Strabo (IV 399, 400) soviel hervor, daß man silberhaltigen Bleiglanz für sich verhüttete, oder daß man Silbererze mit Blei verschmolz. In beiden Fällen erhielt man durch das Schmelzverfahren ein silberhaltiges Blei (Werkblei), das dann abgetrieben wurde.

[1]) Hist. nat. insbes. XXXIII 6, 31, 35, 44 und XXXIV 16, 47.

Man erhitzte es bei Luftzutritt auf offenem Herd und führte so das Blei in eine seiner Oxydverbindungen, in rote Bleiglätte (λιθάργυρος), über. Das reine Silber bleibt zurück. Außerdem entstand bei diesem Verfahren noch Schlacke (σκωρία, ἕλκυσμα) mit einem Gehalt von wahrscheinlich 25 v. H. Blei und Ofenbruch (σποδός), seiner chemischen Zusammensetzung nach Zinkoxyd, das sich an den oberen Ofenteilen absetzte.

Die Reinheit des Silbers wurde durch Erhitzen geprüft. Reines Silber läßt sich an der Luft glühen, ohne seine Farbe zu verändern. Wird es beim Glühen auf einer eisernen Platte braunrot, so ist es nach damaliger Annahme weniger rein, wird es schwarz, so ist es unrein. Es liegt hier eine sehr richtige Beobachtung vor, da sich ja die Legierungen des Silbers mit anderen Metallen, insbesondere mit Blei und Kupfer, beim Erhitzen an der Luft in der beschriebenen Weise verfärben. Jedenfalls aber machten die in den Silbererzen sowie in den silberhaltigen Bleierzen vorkommenden übrigen Metalle manchmal ziemlich viel zu schaffen. Man muß annehmen, daß Arsen und Zink so manche Schwierigkeit bereiteten, der man vielleicht, insbesondere in Griechenland, durch die Konstruktion besonderer Öfen begegnete, in denen sie sich verflüchtigen konnten. Hierauf lassen verschiedene Umstände schließen, vor allem der, daß uns auf den bereits Seite 14 erwähnten tönernen Weihetafeln, den „korinthischen Pinakes", auch eingeritzte Zeichnungen von Öfen sowie an verschiedenen Stellen auch Reste solcher erhalten geblieben sind. Die Öfen waren, soweit dies die korinthischen Pinakes erkennen lassen, unten mit einer Feuerung und oben mit einer Öffnung versehen, aus der der Rauch abzog und manchmal wohl auch die Flamme herausschlug. Manche scheinen von unten (Abb. 9), manche von oben her (Abb. 11 und 12) mit dem Brennmaterial beschickt worden zu sein, wenigstens läßt der seitwärts angebrachte Auftritt und das Hinauftreten eines Mannes auf ihn vielleicht einen derartigen Schluß zu. Die Öfen hatten in der Mitte eine Öffnung, die durchzugehen scheint und die wohl eine Muffel oder einen Treibherd darstellt. Wo der Auftritt fehlt, wird zum Besteigen des Herdes eine Leiter verwendet. Auf einer Weihetafel (Abb. 13) ist ein scheinbar ausgebrannter Ofen zu sehen, bei dem augenscheinlich aus dem hohlen Auftritt die Schlacke herausgeräumt wird. In manchen Gegenden, vor allem in Griechenland, wurde das Silber vor der Verarbeitung zu Schmucksachen, Münzen usw. nochmals besonders gereinigt. Das Reinigungsverfahren ist nicht bekannt. Auch die bei dieser Reinigung abfallenden Schlacken (jetzt ἀργυρῖτις κέγχρος = Silberhirse genannt) wurden nochmals nach einem gleichfalls unbekannten Verfahren verarbeitet, um das darin enthaltene Silber zu gewinnen.

Kupfer.

Nicht minder verbreitet als das Silber war das Kupfer. Wann man es kennen lernte, hat sich nicht feststellen lassen. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß sehr viele Völker des Altertums das Kupfer schon lange vor dem Eisen kannten. Bei den Germanen ist es umgekehrt. Sie lernten das Kupfer erst kennen, als sie das Eisen schon lange benutzten, und es ist anzunehmen, daß sie es niemals selbst darstellten, sondern jedenfalls auf dem Handelsweg erwarben. Im übrigen aber finden wir Kupfer bei allen Völkern des Altertums, und zwar teilweise in sehr beträchtlichen Mengen, sowohl rein wie auch in seiner wichtigsten und so viel verwendeten Legierung mit Zinn, der Bronze. Es ist unmöglich, die alten Fundstätten des Kupfers alle auf-

zuzählen, so groß war ihre Anzahl. Die ältesten Kupferbergwerke Ägyptens liegen am Sinai und sind nach Ansicht von Berthelot bereits etwa 5000 v. Chr. in Betrieb genommen worden. Diese Zahl dürfte wohl etwas zu hoch gegriffen sein, Tatsache aber ist, daß die alten Kupfergruben des Sinai noch unter der Regierung des ägyptischen Königs Tutmes III. (1515—1461 v. Chr.) ausgebeutet wurden. Die Erze der sinaitischen Gruben enthielten hauptsächlich Karbonate und Hydrosilikate des Kupfers (Malachit und Chrysokoll). Das Erz fand sich nicht allzu reich im Sandstein, so daß, um daraus das Kupfer zu gewinnen, jedenfalls sehr umfangreiche und weitgehende Aufbereitungsarbeiten nötig waren. Zum Verschmelzen der Erze dienten aus Sandsteinen aufgebaute Öfen, in die Tiegel hineingestellt wurden, die aus einem Gemenge von Quarz, Sand und Ton hergestellt waren. Da der Sinai zu jener Zeit nicht bewaldet war, so ist das zum Betriebe dieser Öfen nötige Brennholz jedenfalls von weit her geschafft worden. Die im Jahre 1896 aufgefundenen Schlacken, die teils dunkel und schwer, teils hell und leicht sind, sowie erstarrter Glasschaum verschiedenartigster Zusammensetzung beweisen, daß der Ofengang schwerfällig und unvollkommen war, und daß der Prozeß der Kupferausbringung wohl nicht immer gleich und einheitlich verlief. Irgendwelche Spuren, daß man Blasebälge verwendete, haben sich am Sinai nicht gefunden. Nach einer Angabe von Hesiod wurden aber später bei den Griechen Tiegel verwendet, die unten mit einer seitlichen Öffnung versehen waren, durch die mit Hilfe eines Blasebalges Wind zugeblasen werden konnte. Während man sonst vielfach geschwefelte Erze verwendete, kamen am Sinai nur oxydische zur Verhüttung.

Im übrigen aber wurden bei den verschiedensten Völkern des Altertums auch schwefelhaltige Erze auf Kupfer verarbeitet. Diese schwefelhaltigen Erze, die Pyrite, wurden zunächst, um sie in Oxyde überzuführen, einem Röstprozeß unterworfen. Über diesen Röstprozeß hat uns Dioscorides ausführliche Angaben hinterlassen, aus denen hervorgeht, daß man das Röstverfahren genau nach dem Muster der Kalkbrennerei ausführte. Man baute aus dem Material selbst Öfen und füllte sie, nachdem man unten Brennmaterial hineingegeben hatte, mit dem abzuröstenden Erze. Dann wurde angezündet, und nun beschränkte sich die Arbeit der Röster darauf, Brennmaterial nachzufüllen. Die Pyrite rösteten dann von selbst ab, das Ende der Röstung erkannte man nach Dioscorides daran, daß das Erz rot geworden war. Die eigentlichen Schmelzöfen für Kupfer, wie sie insbesondere auf der Insel Cypern im Gebrauch waren, die seit den ältesten Zeiten nach allen Teilen der Alten Welt große Kupfermengen ausführte, waren hohe Schachtöfen, die von oben durch eine Gicht beschickt wurden. In diese Gicht gab man abwechslungsweise Schichten von Kupfererz und Holzkohle. Dann schmolz man das Ganze nieder, wobei man von unten her mit Hilfe von Blasebälgen Luft hindurchblies. Es handelt sich hier also um eine Ofenkonstruktion, die in ihren Grundzügen jener unserer Hochöfen glich. Im übrigen aber kamen auch Tiegelöfen zur Verwendung, wie man sich überhaupt bei der Kupfergewinnung in den verschiedenen Ländern sehr verschiedenartiger Ofenkonstruktionen bedient zu haben scheint.

Bei der hüttenmännischen Kupfergewinnung erhielt man reines Kupfer, Schlacke, Gichtschwamm und eine Art von Kupferstein. Das Kupfer mußte, da es noch unrein war, umgeschmolzen werden. Man nahm, wie Plinius mitteilt, das Umschmelzen um so häufiger vor, je reineres Kupfer man gewinnen wollte. Das Umschmelzen geschah in verschiedenartig gestalteten Öfen, aus denen man Kupfer wahrscheinlich abstach und es dann durch Aufgießen von Wasser zum Erstarren brachte. So erhielt man Kupferplatten. Außer in Platten kam das Kupfer jedoch auch noch in Blöcken

in den Handel. Im übrigen aber war der Kupfergewinnungsprozeß des Altertums ebenso wie viele andere hüttenmännische Verfahren ein in bezug auf die Ausbeute ziemlich unbefriedigender. Während man aus den Erzen oft nur 15—25 Prozent des darin enthaltenen Kupfers gewann, enthielt die Schlacke manchmal nicht weniger als 50 Prozent davon.

Zinn.

Ebenso wie das Kupfer spielte auch das Zinn im Altertum eine große Rolle. Sicherlich gehört es zu den ältesten der damals bekannten Metalle. Die Zeit seiner Entdeckung steht nicht fest. Wahrscheinlich hat man aus der Schwere der Zinnerze geschlossen, daß darin ein Metall enthalten sein müsse, das dann — vielleicht durch Zufall — beim Schmelzen mit Holz oder Holzkohlen bekannt wurde. Schon im alten Testament ist das Zinn erwähnt. Alle Völker des Orients kannten es, auch dann, wenn in ihren Reichen überhaupt keine Zinnerze vorkommen. Dies läßt den Schluß zu, daß damals eine große Einfuhr derartiger Erze stattgehabt hat. Hierauf läßt auch der Umstand schließen, daß Herodot die Zinninseln oder Kassiteriden besonders erwähnt. Ihre Lage hat sich nicht feststellen lassen, wie überhaupt nicht feststeht, ob die Bezeichnung κασσίτερος zu Homers Zeiten wirklich Zinn bedeutet. Mit Sicherheit wird dieser Ausdruck erst im 1. Jahrhundert n. Chr. für dieses Metall gebraucht. Im übrigen werden außer κασσίτερος auch andere Bezeichnungen, insbesondere μόλυβδος für Zinn gebraucht. Die Römer nannten es „plumbum candidum" oder „album". Das Wort „stannum", das vorher „stagnum" geschrieben wurde, war die Bezeichnung für Werkblei. Überhaupt werden Zinn und Blei im Altertum oft verwechselt, ein Umstand, der ja leicht erklärlich ist, da damals Analysen in unserem heutigen Sinne unbekannt waren, und man die Metalle vielfach lediglich nach ihrem äußeren Aussehen beurteilte. Später wußte man jedoch Blei und Zinn wohl zu unterscheiden, und Plinius gibt ausdrücklich an, daß die von den Römern zu Wasserleitungsröhren verwendeten Bleiplatten mit einer Legierung von zwei Teilen Blei und einem Teile Zinn verlötet wurden. Ebenso berichtet er von einer Verzinnung kupferner Gefäße, über die er mitteilt, daß sich dabei das Gewicht des Kupfers nicht vermehrt, so daß jedenfalls nur eine sehr dünne Zinnschicht aufgebracht wurde.

Die Gewinnung des Zinns geschah im Altertume durchweg aus Zinnerzen, die wohl zum größten Teil aus Britannien bezogen wurden, in dem man die alten „Zinninseln" erkennen will. Nach anderer Ansicht soll Indien das Land der Zinninseln gewesen sein, eine Ansicht, die sich auf die Bezeichnung des Sanskrits für Zinn, „kastira", stützt. Jedenfalls scheinen die Phönizier ihr Zinn bestimmt aus Indien erhalten zu haben. Später wurden dann auch die spanischen Zinngruben ausgebeutet sowie vor allem — nach der Eroberung Britanniens durch die Römer — die des heutigen Cornwall. Über die Art und Weise der Zinngewinnung im Altertume sind uns unmittelbare Überlieferungen nicht erhalten. Aus den Resten von Öfen erkennt man jedoch deutlich, daß diese Gewinnung ein einfacher Reduktions- und Schmelzprozeß war. Er wurde in der Weise ausgeübt, daß man die Erze über einem Holzfeuer erhitzte, wobei das darin vorkommende Zinnoxyd reduziert und das so gewonnene metallische Zinn ausgeschmolzen wurde.

Ob später auch Gebläse Verwendung fanden, mag zweifelhaft erscheinen. Öffnungen, die sich am Boden mancher Öfen finden, können vielleicht als Winddüsen angesehen werden, durch die man Luft zublies, um die Glut des Feuers

anzufachen. Sie können aber auch zur bequemeren Entnahme des Metalls gedient haben. Ihr Zweck erscheint noch nicht vollkommen geklärt.

Bronze.

Noch weit wichtiger als Kupfer und Zinn für sich war im Altertume die Kupfer-Zinnlegierung, die Bronze. Man kann wohl behaupten, daß das ganze Altertum unter dem Zeichen der Bronze gestanden hat. Die Bronze, damals „Erz" genannt und in den ältesten Zeiten in bezug auf die Bezeichnung von der des Kupfers nicht zu unterscheiden, scheint zunächst hauptsächlich dem Zwecke gedient zu haben, dem Kupfer eine größere Härte ode Festigkeit zu verleihen. Allerdings scheint dies nicht immer gelungen zu sein. So hat sich z. B. im alten Theben ein Meißel gefunden, der einen der ältesten ägyptischen Bronzefunde darstellt, und der so weich war, daß er sich, wenn man damit auf Stein drückte, sofort umbog. Er bestand aus 94 Teilen Kupfer, 5,9 Teilen Zinn und 0,1 Teil Eisen. Später stellte man härtere Bronzen dar, die in Ägypten „chomt" genannt wurden, und die im allgemeinen eine ziemlich gleichartige Zusammensetzung zeigen. Sie bestehen durchschnittlich aus 80—85 Teilen Kupfer und 20—15 Teilen Zinn. Wer die Bronze erfand, ist unbestimmt. Gewisse Anzeichen deuten darauf hin, daß sie vielleicht zuerst im Tale des Euphrat hergestellt wurde, wo sie um das Jahr 2000 v. Chr. bereits bekannt war. Vielleicht hatten sie die Juden noch früher gekannt, denn die Bibel spricht von Thubalkain „Meister in allerlei Erz- und Eisenwerk", wobei allerdings zweifelhaft erscheinen mag, ob die Bezeichnung „Erz" an dieser Stelle (1. Buch Moses 4. 22) wirklich Bronze bedeutet. Auch die Griechen und die Römer bedienten sich im umfangreichsten Maßstabe der Bronze, die im Altertume geradezu einen Kulturfaktor darstellte. Wegen ihres niedrigen Schmelzpunktes, der zwischen 786 und 900 Grad Celsius liegt, und ihrer schönen Farbe sowie der Möglichkeit, die Eigenschaften der Legierung durch Verwendung verschiedener Zinnmengen zu verändern, erfreute sie sich allgemeiner Beliebtheit. Über die technischen Eigenschaften der alten Bronzen ist zu bemerken, daß die mit weniger als 5 Teilen Zinn kalt bearbeitet werden konnten. Bronze mit 10 Teilen Zinn diente hauptsächlich zur Anfertigung von Werkzeugen, die mit einem Zinngehalt von über 15 Teilen waren wegen ihrer Härte und Sprödigkeit nur für Gußzwecke brauchbar.

Die Schmelzpunkte verschiedener alter Bronzen sind die folgenden:

8 Teile Zinn	900 Grad
13 Teile Zinn	835 Grad
25 Teile Zinn	786 Grad

Ausführliche Analysen alter Bronzen rühren von Berthelot, Andrée, Rhousopoulos usw. her. Es zeigt sich daraus, daß die alten Bronzen durchaus nicht nur Kupfer und Zinn, sondern auch noch die verschiedenartigsten anderen Metalle, meist allerdings nur in geringen Mengen enthalten. Diese Beimengungen rühren daher, daß damals die hüttenmännischen Reinigungsprozesse für Metalle noch sehr wenig ausgebildet waren. Nachstehend seien einige Analysen antiker Bronzen wiedergegeben, aus denen ihre wechselnde Zusammensetzung und ihr Gehalt an mannigfachen Begleitmetallen zu ersehen ist.

Zunächst die Analysen einiger assyrischer Bronzen aus dem britischen Museum zu London (n. Fellenberg):

Bezeichnung	Kupfer	Zinn	Blei	Eisen	Antimon	Arsen	Nickel
1. Graues, dickes Stäbchen . . .	88,03	0,11	3,28	4,06	3,92	0,60	—
2. Gekrümmtes Stäbchen . . .	88,84	12,70	0,28	Spur	—	—	0,18
3. Verzierung eines Hausgerätes	86,99	12,33	0,38	"	—	—	0,30
4. Rundstücke einer Schale . . .	80,84	18,37	0,43	0,16	—	—	0,20

Diese Analysen sind deshalb besonders bedeutsam, weil sich neben den zufälligen aus den Erzen stammenden und als Verunreinigungen aufzufassenden Metallen Arsen, Antimon, Eisen und Nickel in einer der Bronzen (Nr. 1) ein so hoher Bleigehalt findet, daß auf einen mit Absicht erfolgten Zusatz dieses Metalles geschlossen werden muß. Nach v. Bibra kommt in den Bronzen der eigentlichen Bronzezeit kein Blei vor. Ein derartiger größerer Bleigehalt läßt seiner Ansicht nach immer auf eine nach der eigentlichen Bronzezeit stattgehabte Herstellung und damit auf eine bereits erreichte höhere Kulturstufe schließen. Spätere assyrische Bronzen zeigen einen Bleigehalt, der zwischen 7 und 9 v. H. schwankt.

Nachstehend noch einige weitere Analysen verschiedener antiker Bronzen:

	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen	Nickel	Silber	Phosphor
Dolch, altägyptisch	85,0	14,0	—	—	1,10	—	—	—[1])
Pfeilspitze, altägyptisch	76,6	22,2	—	—	—	—	—	—
Bronzeschale aus Ninive	80,8	18,4	—	0,4	0,2	0,4	—	—
Henkel eines Gefäßes aus Mykenae	89,7	10,1	—	—	—	—	—	—
Altattische Münze	88,46	10,04	—	1,50	—	—	—	—
Athenienſische Münze	76,41	7,05	—	16,54	—	—	—	—
Viktoriastatue aus Brescia	80,8	19,4	1,9	7,7	—	—	—	—
Münze d. Titus Claudius	81,4	8,6	—	—	—	—	—	—
Münze des Nero	81,1	1,1	17,8	—	—	—	—	—
Münze d. Diocletian	95,8	2,2	—	1,9	—	—	—	—

Silber kommt in den Bronzen im allgemeinen nicht vor. In spätrömischer Zeit gibt es jedoch auch silberhaltige Bronzen, die als Münzmetalle verwendet werden und aus denen man „Silber"-Münzen prägt, die so wenig Silber enthalten, daß sie richtiger als Bronze bezeichnet werden müssen. Überhaupt geben die Analysen der römischen Silbermünzen, die durch Klaproth, Thomson usw. usw. ausgeführt wurden, ein treffliches Bild von dem Verfalle des römischen Kaiserreiches. In dem Maße seines Niederganges steigt der Kupfergehalt der Münzen. Diese werden zuletzt aus einer silberhaltigen Bronze, und ganz zuletzt werden sie (unter Kaiser Gallienus) überhaupt nur noch aus Kupfer hergestellt und dann verzinnt. Es wurde ja oben bereits darauf hingewiesen, daß auch Plinius die in Rom ausgeübte Technik des

[1]) Eine ganz merkwürdige Übereinstimmung mit der dieses altägyptischen Dolches zeigt die chemische Zusammensetzung der Bronze eines bei Daberkow, Kr. Demmin in Vorpommern gefundenen vorgeschichtlichen Lure (Schallrohr, Blasinstrument), die von Rathgen analysiert wurde. [Kupfer 85,03 v. H., Zinn 13,76 v. H. Sonstige Metalle (Blei, Eisen, Kobalt) 1,1 v. H.]

Verzinnens von Kupfer erwähnt. Im übrigen sprechen die nachstehenden Analysen von altrömischen Münzen verschiedener Zeitalter für sich selbst:

Zeit	Anteil		Metall
300 v. Chr. zur Zeit der Republik:	99,5	v. H.	Silber
	0,5	„	Kupfer
69 n. Chr. Vespasianus:	80	„	Silber
	20	„	Kupfer
138 n. Chr. Antonius:	70	„	Silber
	27	„	Kupfer
	3	„	Zinn
180 n. Chr. Commodus:	67	„	Silber
	32	„	Kupfer
	1	„	Zinn
238 n. Chr. Gordianus:	30	„	Silber
	65	„	Kupfer
	4	„	Zinn
253 n. Chr. Gallienus:	95	„	Kupfer
	0,5	„	Silber
	4	„	Zinn (als Überzug)

Wie man aus den weiteren, in der obigen Tabelle (Seite 19) zusammengestellten Analysen ersieht, enthielten die alten Bronzen durchweg kein Zink. Nur ganz vereinzelt, wie z. B. an einer im germanischen Museum zu Nürnberg befindlichen altägyptischen Figur, hat sich ein Zinkgehalt feststellen lassen. Größere und ständige Mengen von Zink finden sich in antiken Bronzen erst zur Römerzeit. Daraus läßt sich schließen, daß man erst damals begann, das Zink absichtlich in die Legierung einzuführen. Diese Legierungen sind dadurch gewonnen worden, daß man dem zur Bereitung der Bronze dienenden Rohmaterial den aus spanischen Gruben stammenden Galmei zusetzte. Hierdurch wollte man andere Färbungen der Bronze erzielen.

Zink.

Das reine Zink selbst war im Altertum überhaupt nicht bekannt. Die Römer verwendeten zwar das natürlich vorkommende kohlensaure Zinkerz in Gestalt des Minerals Galmei zu den mannigfachsten Zwecken, sie verstanden es jedoch nicht, daraus das Metall selbst zu gewinnen. Außer zur Herstellung zinkhaltiger Bronzen benutzten sie ihn zur Gewinnung von Zinkweiß (Zinkoxyd, „Cadmia") sowie vor allem auch zur Herstellung des Messings. Unter „Cadmia" wird jedoch außer dem Zinkweiß auch noch ein Erz von bis jetzt nicht genau erforschter Natur verstanden. Es ist wahrscheinlich, daß das Messing einem Zufalle seine Entdeckung verdankt, daß man Kupfererze mit Galmei zusammenschmolz, wodurch man die schöne gelbe Legierung erhielt. Nach Pseudo-Aristoteles sollen die am Schwarzen Meer ansässigen Mossinöken die Erfinder des Messings sein. Manchmal wird auch die Ansicht ausgesprochen, daß die Bezeichnung „Messing" von diesen Mossinöken herrührt. Dies alles ist jedoch unbestimmt. Bestimmt wissen wir nur, daß das Messing zur römischen Kaiserzeit bekannt war. Es wird von Plinius, Virgil, Strabo, Horaz, Cicero und Plautus erwähnt. Ob die Legierungen, die Homer, Plato usw. anführen, wirklich Messing gewesen sind, ist unsicher. Gewisse Umstände sprechen dafür, daß die Römer auch eine Zink-Eisenlegierung, ein „Hartzink", gekannt haben (Diergart).

Blei.

Im Gegensatze zum Zink spielt das Blei während des ganzen Altertums eine äußerst wichtige Rolle. Schon Ägypter, Indier und Juden kannten es. Die ersten Pharaonen, die in Asien siegten, ließen sich von den besiegten Völkern einen Teil des Tributs in Blei zahlen. Thutmes III. brachte Blei als Siegesbeute mit nach Hause, das zum Teil als Dachziegel verwendet worden sein dürfte, wenigstens scheint dies aus einer Darstellung im Tempel Ramses' III. hervorzugehen, wo längliche Platten mit abgerundeten Winkeln dargestellt sind, die die Bezeichnung taht (Blei) in Hieroglyphenschrift enthalten. Diese Platten haben nach der Berechnung von Lepsius bei etwa 25 : 13,5 Zentimeter Oberfläche eine Dicke von 24 Millimetern und ein Gewicht von je etwa 1,8 Kilogramm gehabt. Auch in Indien wird Blei zu vielfachen Zwecken verwendet. Hier benutzt man es teils in der Medizin, teils beim Weben, um die Fäden damit zu spannen, teils bereitet man daraus Schminken usw. usw. Die Römer beuteten die Bleibergwerke Spaniens aus. Zur Zeit des Titus arbeiteten in diesen nicht weniger als 40 000 Sklaven. In den griechischen Bleigruben waren zu manchen Zeiten 20 000 Sklaven beschäftigt. Die Verwendungsarten des Bleis waren in Griechenland und bei den Römern äußerst zahlreiche. Es diente zum Befestigen von Klammern in Steinen, zur Herstellung von Wasserleitungsröhren, als Zusatz zu Münzlegierungen, zu medizinischen Zwecken, zur Anfertigung von Deckeln (Kappen) auf Arzneibüchsen, zum Gießen kleiner Statuen und Kinderspielsachen[1]), zur Herstellung von Loten für die Schiffe, zur Anfertigung von Schleuderblei (Schleudereichel: glans missilis) für Kriegszwecke, ja sogar zu der von falschen Würfeln. Ferner machte man zahlreiche Gerätschaften daraus, letzteres allerdings eine sehr gefährliche Verwendungsart, insbesondere da, wo es sich um hauswirtschaftliche Geräte und Gefäße handelt. Hat doch der Physiologe Kobert nachgewiesen, daß bereits im Altertume zahlreiche Bleivergiftungen vorkamen, ja, daß die vielen kinderlosen Ehen der Römer zur Kaiserzeit zum großen Teil auf die Wirkung von Speisen und Getränken zurückzuführen sind, die infolge von Aufbewahrung in bleihaltigen Gefäßen bleihaltig geworden waren und deshalb zu chronischen Bleivergiftungen und damit zur Sterilität führten.



Abb. 14. Reliefschmuck aus Blei an einem römischen Sarg. Provinzialmuseum Trier.

Die Gewinnung des Bleis geschah im Altertum durch Verfahren, über die uns Nachrichten nicht erhalten sind. Doch ergibt sich für jeden, der mit der Technik

[1]) Bleisoldaten waren bei den Spartanern schon im 6. Jahrh. v. Chr. gebräuchlich; sie bestanden nach der Analyse von Rhousopoulos aus reinem Blei.

der Bleigewinnung einigermaßen vertraut ist, ohne weiteres, daß die Verfahren ungefähr dieselben gewesen sein mußten, wie sie oben für die Gewinnung des Silbers aus silberhaltigem Bleiglanz beschrieben wurden. Der Bleiglanz wurde abgeröstet, dann in Öfen einer reduzierten Schmelzung unterworfen, die mit Hilfe von grünem Holz und Holzkohlen oder beiden vorgenommen wurde. Grünes Holz verwendete man deshalb, weil es besonders viel Rauch und Gase entwickelte, von denen man sich eine günstige Wirkung versprach. Wahrscheinlich wurden zur Hervorbringung eines stärkeren Luftzuges Blasebälge verwendet. Die Schlacken und das Blei werden abgelassen und mechanisch getrennt. Das erhaltene Werkblei wird nochmals umgeschmolzen. Die Schlacken sind stark bleihaltig, ein Umstand, auf den man später aufmerksam wurde, und der dazu führte, daß man sie, wie Strabo berichtet, in Laurion dann von den Halden wegführte, um sie einem nochmaligen Ausschmelzen zu unterwerfen. Es ist wahrscheinlich, daß auch Bleierze, die kein Silber enthielten, zur Bleigewinnung dienten. Nicht immer war der Röstprozeß nötig, insbesondere erübrigte er sich da, wo der Bleiglanz oxydische Bleierze enthielt. Ob man das richtig erkannte, oder ob man stets abröstete, ist unbekannt. Ein aufgefundener altrömischer Bleiofen war ganz in die Erde eingelassen. Er hatte bei einer Tiefe von 3,2 Meter eine obere Weite von 2,5 Meter. Die aus einem feuerfesten Gemisch von Ziegelmehl und Ton hergestellten Wandungen hatten eine Dicke von 14 Zentimeter. Das Werkblei floß aus einer am Boden befindlichen Rinne in eine große schüsselförmige Vorlage. Hier wurde die Schlacke abgeschöpft, während das Blei in kleinere Tiegel gefüllt wurde, um dann umgeschmolzen bzw. vom Silber getrennt zu werden.

Eisen.

Gegenüber der Wichtigkeit anderer Metalle, insbesondere der des Kupfers und des Bleis, tritt im Altertume die des Eisens bei manchen Völkern etwas zurück. Obschon sich das Eisen, sobald man nur die verhältnismäßig niedere Temperatur von 700 Grad zu erzeugen vermag, ziemlich leicht darstellen läßt, dürften die ältesten Eisengerätschaften doch wohl die Meteoriten gewesen sein. Man hat zwar daran gezweifelt, daß man das harte Meteoreisen im Altertum überhaupt zu bearbeiten vermochte; es ist jedoch durchaus nicht nötig, gleich an eine Verarbeitung zu Meißeln oder ähnlichen Werkzeugen zu denken. Ein mit der Faust geschwungener Meteorstein ist ein guter Hammer. Außerdem läßt er sich auf hartem Stein abschleifen usw. Jedenfalls sprechen verschiedene Bezeichnungen wie z. B. der altägyptische Name „baaenepe", „Geschenk des Himmels", sowie die griechische Bezeichnung σίδηρος dafür, daß das Meteoreisen einstmals eine gewisse Rolle gespielt haben dürfte. Jedenfalls steht fest, daß es ebenso wie die Meteorfälle im Altertume bekannt war, ja sogar in vorgeschichtlichen Gräbern hat man Meteoreisen gefunden. Gewisse Möglichkeiten sprechen sogar dafür, daß die alten Ägypter das Meteoreisen verwendeten. J. R. Hill fand im Mai 1837 in einer Steinfuge der großen Pyramide von Gizeh ein Stück Eisen, das während der vierten Dynastie, also etwa nach dem Jahr 2700 v. Chr. dort hineingebracht worden sein muß. Dieses Eisenstück ist nickelhaltig, ein Umstand, der dafür sprechen würde, daß es sich hier um Meteoreisen handelt, wenn dieser Annahme nicht ein Gehalt an gebundenem Kohlenstoff entgegenstünde. Jedenfalls beweist dieser Fund, daß die Ägypter damals bereits das Eisen kannten, eine Ansicht, die durch einen weiteren später von Flinders Petrie gemachten Fund zu Abydos bestätigt wird.

Sichere Kunde haben wir über das Alter der Kenntnis vom Eisen bei den alten Indern. Hier bestand wahrscheinlich schon 2500, sicher aber 1500 Jahre v. Chr. eine Eisenindustrie. Schon der Umstand, daß das Sanskritwort „Ajas" unzweifelhaft mit dem altgotischen Worte „ais", woraus später „Eisen" wurde, zusammenhängt, bestätigt die Annahme, daß die indogermanischen Stämme vor ihrer Trennung (1500 v. Chr.) das Eisen gekannt haben mußten. v. Schwarz fand nun im Rewahstaate (Zentralindien) große, viele Quadratmeilen bedeckende Schlackenhalden, welche davon Zeugnis geben, in welch hoher Blüte die Eisenindustrie einst in Indien gestanden haben muß. Zugleich finden sich Schmiedestücke von ungeheuren, staunenerregenden Dimensionen, deren Anfertigung heutzutage, im Zeitalter der Dampfhämmer, nur in ganz großen Werkstätten möglich sein dürfte.

Mit den kleinen heutzutage in Indien gebräuchlichen Öfen ließen sich derartige Eisenkolosse niemals bearbeiten. Der größte uns erhaltene Überrest altindischer Schmiedekunst ist die Kutubsäule in der Nähe von Delhi. Sie wiegt mehr als 17 000 kg und besteht, wie die Analyse ergab, aus fast chemisch reinem Eisen. Ihre Höhe beträgt über der Erde 7 Meter, und sie dürfte wohl aus sehr vielen Blöcken zusammengeschmiedet sein; trotzdem zeigt sich nirgends eine Schweißnaht. Aus einer eingehauenen Inschrift geht hervor, daß diese Säule im 9. Jahrhundert v. Chr. angefertigt wurde.

Äußerst merkwürdig ist der Umstand, daß sich an der Kutubsäule trotz ihres hohen Alters bis heute keine Spur von Rost gezeigt hat. Man hat dies früher dem Umstande zugeschrieben, daß die Säule, deren Gesamthöhe, da sie tief in den Erdboden eingegraben ist, auf über 16 Meter geschätzt wird, mit einer Fettschicht bedeckt sei, eine merkwürdige Ansicht, da sich diese Fettschicht ja im Laufe der Jahrhunderte hätte verwischen müssen. Andere schreiben das Nichtrosten der Trockenheit der Luft zu. Viel wahrscheinlicher ist es, daß die Eigenschaft des Nichtrostens auf der außerordentlichen Reinheit des Eisens beruht. Diese Reinheit ist durch Analysen (wie z. B. die von Percy usw.) bewiesen. Der Verfasser hat im Jahre 1891 zusammen mit v. Klobukow im elektrochemischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu München auf elektrolytischem Wege chemisch reines Eisen dargestellt, das trotz aller Versuche, es zum Rosten zu bringen, nicht rostete. Chemisch reines Eisen zeigt demnach, wie inzwischen auch von anderer Seite bestätigt worden ist, die Eigenschaft, zu rosten, überhaupt nicht. Einen weiteren wichtigen Beitrag zu der Tatsache, daß man im Altertum Eisen darzustellen verstand, das bis auf den heutigen Tag nicht rostete, brachten Funde aus einer ganz anderen Gegend. Zu Oseberg wurde ein altes Wikingerschiff gefunden, dessen Holzteile mit eisernen Nägeln zusammengehalten waren, die sich vollkommen blank und schön erhalten haben. Dieses jetzt im Nationalmuseum in Christiania befindliche Schiff wurde von Gustafson untersucht, ohne daß jedoch der Grund des Nichtrostens festgestellt werden konnte, den eine später eingesetzte besondere Kommission in der Reinheit des Eisens fand. Im übrigen waren, wie noch erwähnt sei, auch im Altertume Rostschutzmittel bereits bekannt. So haben die auf dem Römerkastell Saalburg bei Homburg vor der Höhe gemachten Funde bewiesen, daß man zur Römerzeit Vivianit (ein Eisenphosphatmineral) als Rostschutz benutzte, und Plinius erwähnt eine ganze Anzahl von Rostschutzmitteln, wie Mennige, Bleiweiß, Gips, Bitumen und flüssigen Teer.

Neben dem Schmiedeeisen war schon vor 3000 Jahren auch der Gußstahl in Indien bekannt. Gräber aus der Zeit um 1400 v. Chr. enthalten Gegenstände (Werkzeuge usw.) aus Gußstahl.

Ebenso wie bei den Indern, findet sich das Eisen schon sehr frühe auch bei anderen Völkern des Orients, wo es zu den verschiedensten Gegenständen ver-

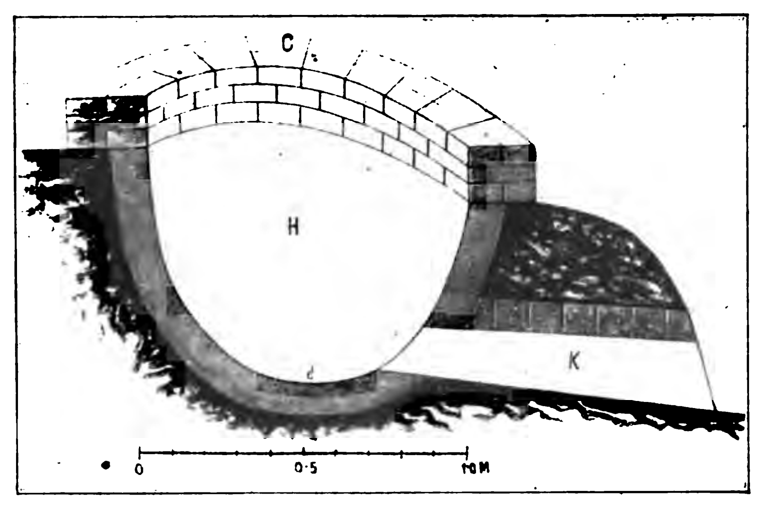


Abb. 15. Vorgeschichtlicher Windherd (Belgien).

H ist die mit Ton ausgekleidete als Schmelzraum dienende Herdgrube, durch den mit Steinen abgedeckten Kanal bläst der Wind in den Herd. Ein Blasebalg wird nicht benutzt. Der Steinkranz C hält die Flammen zusammen.

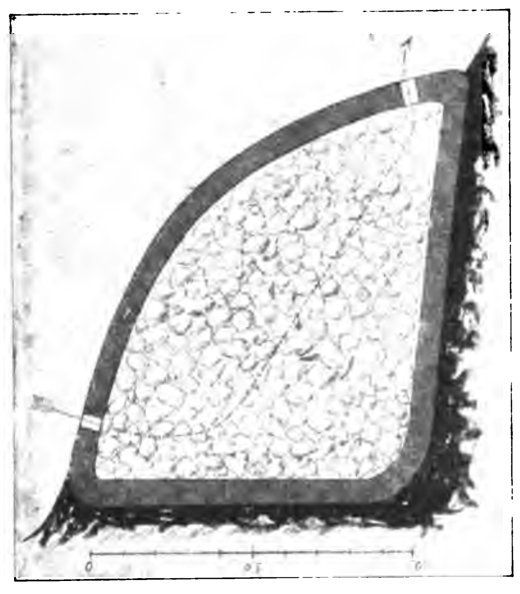


Abb. 16. Vorgeschichtlicher Tiefherd bei Epernay (Dpt. Marne).

Der Ofen ist in die Hügelbettung eingestochen, mit Ton ausgefüttert und nach Aufnahme der Beschickung mit einem Lehmmantel abgedeckt. Entzündung und natürlicher Luftzug erfolgten durch die in den Lehmmantel gestochenen Öffnungen.

arbeitet wird. Der ägyptische König Tutmes III. brachte aus seinen Kriegszügen nach Mesopotamien und Babylonien große Mengen von eisernen Speeren, sonstigen Waffen usw. zurück. Aber nicht nur dieser und noch viele andere Umstände beweisen den hohen Stand der asiatischen Eisenindustrie. Für ihn spricht vielmehr auch die Tatsache, daß von dort aus Eisen in großen Mengen nach den verschiedensten Ländern ausgeführt wurde. Wiederum sind es die Phönizier, die auch den Eisenhandel des Altertums hauptsächlich in Händen haben. Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch nach Germanien das erste Eisen von Asien aus gekommen ist. Wenigstens lassen Funde, die aus dem Jahre 900 v. Chr. stammen dürften, ihrem ganzen Aussehen und ihrer Zusammen-

setzung nach darauf schließen. Später allerdings wurde die Eisenerzeugung in Germanien selbst heimisch und dort vielfach ausgeübt. Ebenso werden wohl

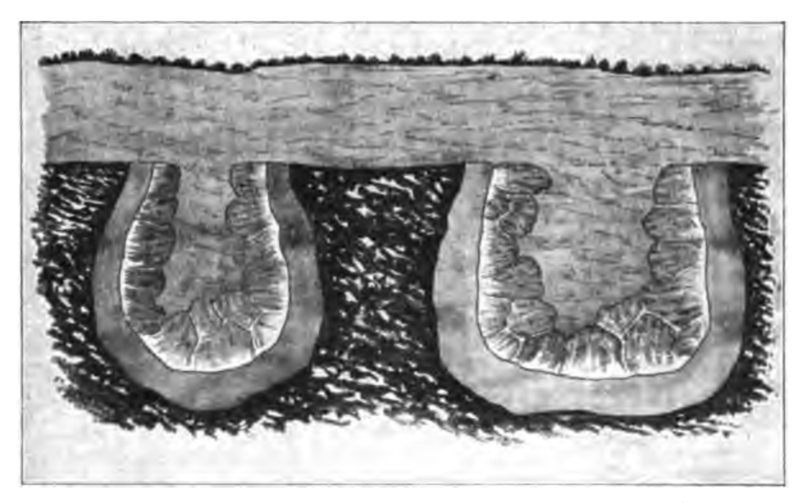


Abb. 17. Alte Renngruben (Rennherde), Waltendorf in Krain.

auch die Griechen und Römer das Eisen zuerst als Handelsartikel kennen gelernt haben, ehe sie selbst mit der Eisenbereitung begannen.

Ein die Technik der Eisengewinnung im Altertum in hohem Maße kennzeichnender Umstand besteht darin, daß man Roheisen überhaupt nicht kannte. Alles aus dem Altertume stammende Eisen, ganz gleich von welchem Volk es erzeugt wurde, gehört zu jenen Eisensorten, die wir heute als Schmiedeeisen und als Stahl bezeichnen. Gehen wir den Ursachen dieser Erscheinung näher nach, so findet sie durch folgende Überlegungen ihre Begründung: Es wurde bereits oben eingehend dargelegt, welche wichtige Rolle das Kupfer während des ganzen Altertums spielte. Um die Kupfererze zu reduzieren, ist eine Temperatur von 1100 Grad Celsius erforderlich. Es dürfte dies wohl die höchste Temperatur gewesen sein, die man im Altertume bei hüttenmännischen Prozessen zu erreichen vermochte. Die Einrichtung aller aus jener Zeit bekannten Öfen läßt darauf schließen, daß man trotz der später allge-

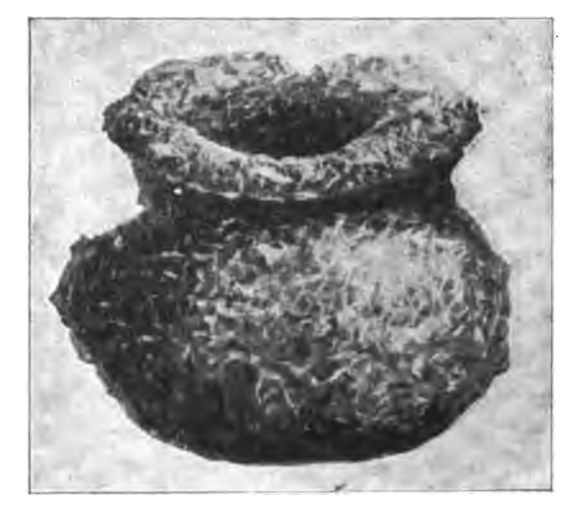


Abb. 18. Renntopf aus der Niederlausitz.
Entstanden aus einer in die Erde gegrabenen Grube, in der Schlacke eingeschmolzen wurde, die dann die Wand des Topfes bildete, der seitwärts eine Gebläseöffnung und unten eine Abflußöffnung hatte.

meiner gewordenen Verwendung von Gebläsen nicht auf höhere Temperaturgrade kam. Nun entsteht das Roheisen dadurch, daß reduziertes und an Kohlenstoff armes Eisen bei einer Temperatur von 1225 Grad aus der Beschickung und aus den im Ofen vorhandenen Gasen Kohlenstoff aufnimmt, der sich beim Erkalten in Form

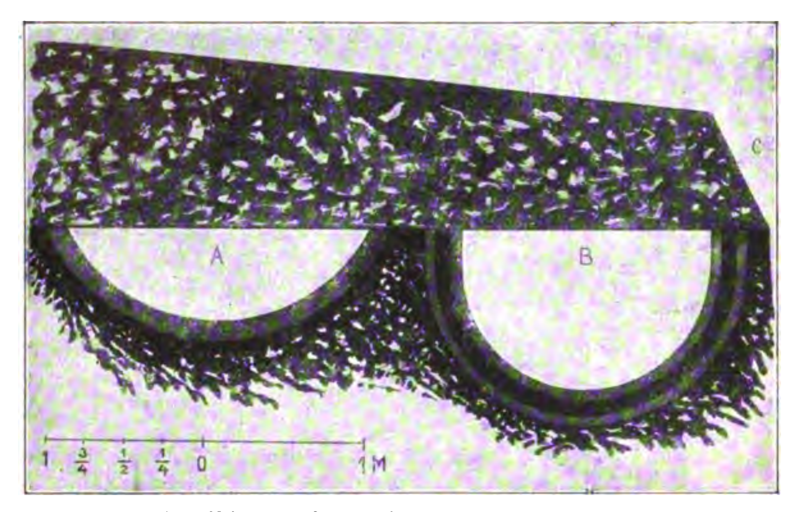


Abb. 19. Römische Rennfeueranlagen aus Hüttenberg in Kärnten.
Die weniger tiefe Grube diente wahrscheinlich zum Rösten der Erze, die tiefere mit Ton ausgekleidete für den eigentlichen Rennbetrieb.

von Graphit teilweise ausscheidet, während er teilweise in Karbidkohle übergeht. Da man die Temperatur von 1225 Grad nicht zu erreichen vermochte, so konnte man auch kein Roheisen darstellen. Die Reduktion der Eisenerze tritt bei 700 Grad ein. Das Produkt, das bei dieser Temperatur gewonnen wird, ist Schmiedeeisen oder Stahl. Ob sich das eine oder andere bildete, hing in der Hauptsache wohl vom Zufall ab. Immerhin dürfte man bei Verwendung der gleichen Erze und des gleichen Brennmaterials sowie der gleichen Öfen stets ein einheitlich zusammengesetztes Produkt erhalten haben. Einen Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht bildet wiederum die Kutubsäule. In den altindischen Öfen, in denen das zu ihrer Herstellung benutzte Eisen dargestellt wurde, haben sich wohl kaum größere Eisenmassen als solche von 25 Kilogramm Gewicht ausschmelzen lassen. Da die Kutubsäule wohl 17000 kg wiegen dürfte, so muß sie aus einer Unmenge solcher kleinen Eisenblöcke zusammengeschmiedet worden sein. Trotzdem zeigt sie durchweg eine einheitliche Zusammensetzung, durch die einzelne Forscher, wie z. B. v. Schwarz, dazu geführt wurden,

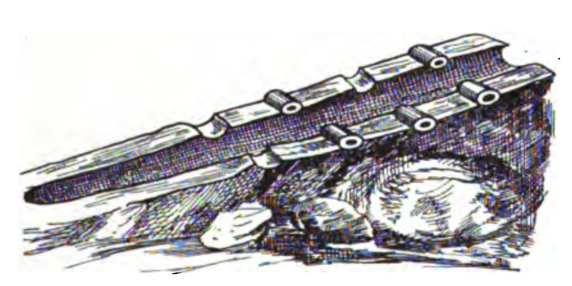


Abb. 20. Vorgeschichtliche Eisenschmelze aus Jolenze in Krain.
Die tönernen Düsen sind wahrscheinlich Winddüsen, die Neigung der Mulde sollte wohl das Abfließen der Schlacke erleichtern.

die Ansicht auszusprechen, sie sei aus einem einzigen Blocke geschmiedet worden. Es haben sich aber nirgends Spuren von Einrichtungen gefunden, die die Herstellung einer so gewaltigen Eisenmenge in einem einzigen Ofengang wahrscheinlich machen.

Das Ausschmelzen des Eisens aus seinen Erzen geschah während des Altertums nach

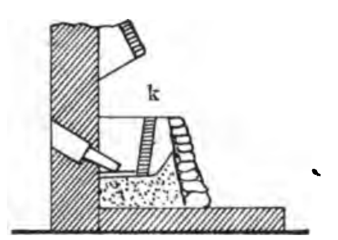


Abb. 21. Korsikanischer Rennherd.

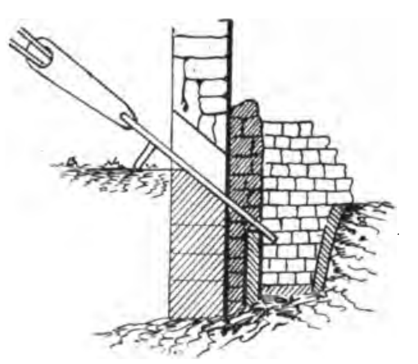


Abb. 22. Katalonischer Rennherd.

jenem Verfahren, das wir heute als „Rennprozeß" zu bezeichnen pflegen. Wie man im Anfang arbeitete, dafür gibt es auch jetzt noch bei den wilden Völkerschaften Beispiele, die sich derselben Öfen bedienen, die auch in den früheren Zeiten des Altertums im Gebrauch waren. (Abb. 15—18). Man benutzte einen primitiven Ofen, der oft nur aus einer in den Boden gegrabenen Vertiefung bestand, und den man mit feuerfestem Material, also mit Ton oder Ziegeln oder einem Gemenge beider ausfütterte. In den Ofen wurden die Erze und das Brennmaterial gegeben, das wohl fast durchweg aus Holzkohle bestand. Um es in Brand zu setzen, hat man wohl zunächst ein Holzfeuer angezündet. Das Eisen blieb im Ofen liegen, aus dem es entnommen wurde; häufiger aber floß es aus dem unteren Teile des Ofens durch einen schiefen Kanal ab. Später mauerte man die Öfen höher auf und brachte dann auch Gebläse an. (Abb. 20—23). Die Gebläse, wie sie unter Tutmes III. im Gebrauch waren, sind uns aus den Gräberfunden von Theben bekannt. Hier findet sich auf einer Abbildung eine Art von Rennfeuer, das durch zwei Gebläseeinrichtungen in Gang erhalten wird. Die Erze liegen in einer Grube, über der sich ein Hügel erhebt, aus dem Flammen herausschlagen. Man muß sich also

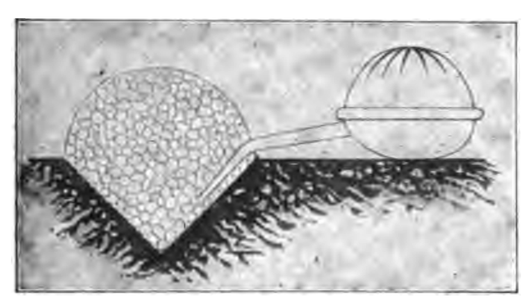


Abb. 23. Rennfeuer aus Kordofan.



Abb. 24. Angeblicher „Rennbetrieb" im alten Ägypten.

vorstellen, daß über der Grube noch Erz und Kohle aufgeschichtet wurden, die in dem Maße, wie das Metall (in diesem Falle Gold) ausschmolz, nachsanken. Die Bälge sind Lederschläuche, die, damit sie sich nicht verrücken, durch ein Gestell festgehalten werden. Man tritt sie mit dem Fuß und zieht sie dann an Schnüren wieder empor. Zur Einführung des Windes in den Ofen dienten tönerne Pfeifen. Das Bild zeigt im Hintergrunde noch einen mit Holzkohle gefüllten Korb (Abb. 24).

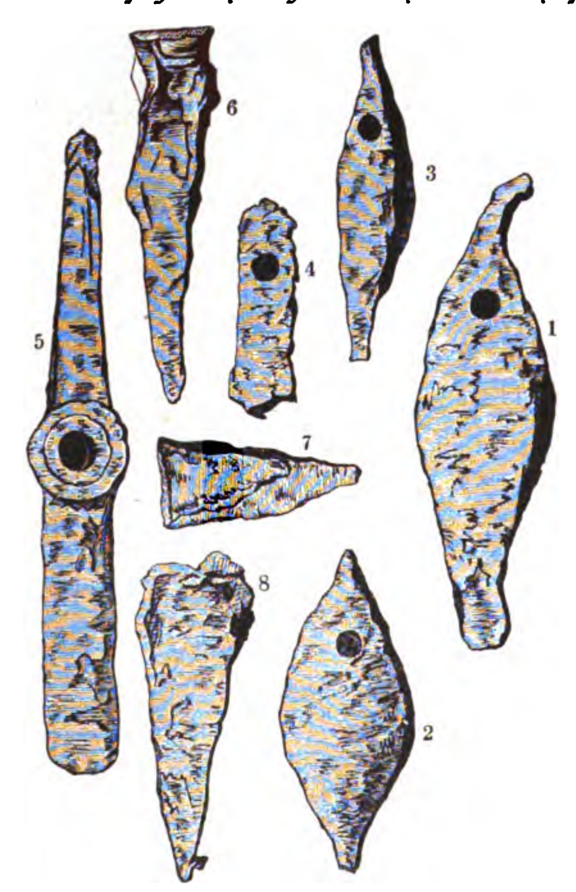


Abb. 25. Rohluppen (1, 2, 3) und bearbeitete Luppen aus den Ausgrabungen aus Khorsabad.
Das Loch in den Rohluppen diente dazu, um sie für die Beförderung durch Menschen oder Tiere an Stricken aufreihen zu können.

Das Eisen fließt, wie schon erwähnt, in der Regel aus der Rinne aus und sammelt sich in Form einer „Luppe" am Boden der davor befindlichen Grube an. Die Luppen, deren man jetzt noch zahlreiche in alten verlassenen Hüttenwerken findet, haben ein Gewicht von 7—25 kg. (Abb. 25 u. 26.) Sie waren von der gleichzeitig ausfließenden Schlacke bedeckt, die entweder abgeschöpft oder nach dem Erkalten abgeschlagen wurde. Der Prozeß der Gewinnung von Eisen und Stahl vollzog sich stets in einem einzigen Gange. Nur in Indien scheint man nach den Angaben des Aristoteles zunächst Flußeisen gewonnen zu haben, das man später noch einem Frischprozeß unterwarf.

Im allgemeinen dürfte auch die Eisengewinnung im Laufe der Zeiten keinerlei Vervollkommnung erfahren haben, soweit man nicht die Vergrößerung und Erhöhung der Öfen als solche bezeichnen will, die allmählich immer größere Abmessungen annahmen, so daß aus den ursprünglichen einfachen Herden allmählich richtige Schachtöfen entstanden, eine Entwicklung, aus der ja auch später unser heutiger Hochofen hervorgegangen ist. (Abb. 27.) Vereinzelt wurde anstatt mit Holzkohle auch mit Steinkohle oder Braunkohle gearbeitet, wie z. B. bei den Chinesen. Auch Theophrast berichtet aus dem 4. Jahrhundert v. Chr., daß die Hüttenleute in Elis und Ligurien von einer dort vorkommenden natürlichen Kohle den ausgiebigsten Gebrauch machten. Die gewonnenen Rohluppen gingen von den Eisenwerken aus in den Handel und wurden erst am zweiten Orte durch nochmaliges Einschmelzen, Schmieden usw. usw. zu Waffen, Werkzeugen u. dgl. verarbeitet. Einzelne Eisensorten erfreuten

sich z. B. bei den Römern einer besonderen Berühmtheit, so vor allem das Eisen von Elba, ferner nach der Eroberung der norischen Provinzen das norische Eisen. Die Zahl der aufgefundenen alten Eisenhüttenwerke und Eisenfunde ist eine außerordentlich große. So hat man im Grabfelde von Hallstadt mehrere Tausende von Fundstücken gehoben, im Jura hat man allein über 230 Eisengruben aufgedeckt.

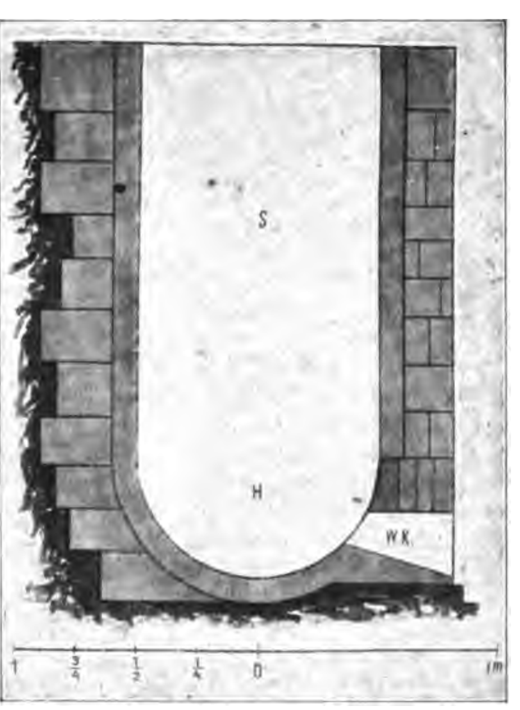


Abb. 27. Alter freistehender Windofen mit Schacht vom Kärtner Erzberg.
H = Herd; S = Schacht; WK = Windkanal.

Sonstige Metalle.

Gegen die vorstehend besprochenen Metalle treten dann die übrigen, die man im Altertume noch kannte, an Bedeutung beträchtlich zurück. Das Quecksilber war zwar bekannt, es fand jedoch in reinem Zustande wahrscheinlich nur in geringem Umfang Anwendung. Benutzt wurde es hauptsächlich in Form seiner Schwefelverbindung, des Zinnobers, der als rote Farbe diente. Außerdem ist es wahrscheinlich, daß man in Spanien die Goldextraktion durch Amalgamisation, d. h. durch Ausziehen mit Quecksilber, anwendete; denn einesteils kommen Gold sowohl wie Quecksilber in Spanien vor, und dann erzählt Vitruvius, daß man das Gold der mit Goldfäden durchwirkten Gewänder wiedergewinnen könne, indem man diese in Tiegeln verascht und unter Wasser mit Quecksilber behandelt, das alles Gold aufnimmt. Preßt man dieses Amalgam durch die Poren eines Tuchbeutels, so kann das reine Gold aus dem Rückstand erhalten werden. Ebenso wie das Quecksilber waren auch Antimon und Arsen wohl nur in ihren Schwefelverbindungen bekannt. Ob das Platin als solches bekannt war, erscheint zweifelhaft. v. Lippmann bestreitet es. Vielleicht ist es in einzelnen Fällen für Silber gehalten und an seiner Stelle verarbeitet worden. Berthelot untersuchte ein mit hieroglyphischen Inschriften geschmücktes Futteral ägyptischer Herkunft, das

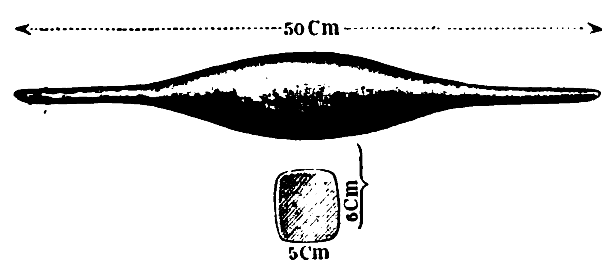


Abb. 26. Überschmiedete Rohluppe aus dem römisch-germanischen Museum in Mainz.

von der Königin Shaperapit, der Tochter Psammetichs I., im 7. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung herrührt und fand, daß die hieroglyphischen Zeichen aus iridiumreichem Platin bestehen. Da man Platinvorkommnisse in Afrika nicht kennt so ist das Metall wahrscheinlich von auswärts eingeführt worden. Berthelot nimmt an, daß es mit dem Golde gemeinsam aus dem Nilsande ausgewaschen worden sei.

Literatur zum Abschnitt: „Die Metalle und ihre Gewinnung".

Bauer und Vogel, Metallographische Untersuchung vorgeschichtlicher Bronzefundstücke. Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt. Berlin 1916, S. 291.

Beck, Die Geschichte des Eisens. Braunschweig 1891.

Belck, Die Erfinder des Eisens im Altertum. Vortrag, geh. in d. Berliner Ges. f. Anthropologie. Januar 1907.

Bell, Ein Stück bei Corstopitum gefundenes römisches Eisen. Chemiker-Zeitung 1912. S. 594.

Berthelot, Die Chemie im Altertum und Mittelalter. Leipzig und Wien 1909.

— Quelques métaux trouvés dans les fouilles archéologiques en Egypte. Comptes rendus 1905, S. 183.

— Sur les métaux égyptiens: Présence du platine parmi les charactères d'une inscription hieroglyphique. Comptes rendus 1901, S. 729.

v. Bibra, Die Bronzen und Kupferlegierungen. Erlangen 1869.

Binder, Laurion. Die attischen Bergwerke im Altertum. Jahresbericht der K. K. Staatsoberrealschule in Laibach für das Schuljahr 1894/95.

Beuther, Das Goldland des Plinius. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, 1891, Band XXXIX. Abhandlungen S. 55.

Blümner, Technische Probleme aus Kunst und Handwerk der Alten. Berlin 1877.

— Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. 4. Band, Leipzig 1887.

Böckh, Die laurischen Bergwerke in Attika, Berlin 1815.

Breidenbach, Das Goldvorkommen im nördlichen Spanien. Zeitschrift für Geologie, 1893, S. 16.

Bucher, Geschichte der technischen Künste. Stuttgart 1875—93.

Buchner, Geschichte der Metallfärbung. Bayer. Industrie- u. Gewerbeblatt 1910, S. 245.

Busch, Assyrische Bronze. Zeitschrift für angewandte Chemie 1914, S. 612.

Carthaus, Das eiserne Wunder zu Delphi. Für alle Welt 1912, 415.

Colin Roß, Etwas über Rennarbeiten. Bayr. Industrie- u. Gewerbebl. 1910, 361.

Diergart, Die ψευδάργυρος-Frage vom chemisch-metallurgischen Standpunkte. Beitrag zur Urgeschichte des Zinks. Journal f. praktische Chemie 1902, S. 339.

— Messing, eine urgeschichtlich-etymologische Studie. Zeitschr. f. angew. Chemie 1901, S. 1297.

— Messing und Bronze. Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 85.

— Messing, Zink und Bronze. Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 350.

— Ludwig Beck-Biebrich, Wedding u. Weeren. Erörterungen über die letzten Arbeiten zur ältesten Geschichte des Eisens anläßlich des Belck'schen Vortrags. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1907, S. 362.

— Über den gegenwärtigen Stand und die Bedeutung der Geschichte des Zinks für die moderne naturwissenschaftliche Forschung. Vortrag, geh. auf der Naturforscherversammlung zu Kassel 1903.

Falk, Das Rosten des Gußeisens. Chemiker-Zeitung 1912, S. 810 u. Zeitschrift f. angew. Chemie 1912, S. 2074.

Fellenberg, Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern 1860 u. 1861.

Ferreira da Silva, Analyse eines in einem sehr alten Grabe aufgefundenen Schwertes. Referat der Chemiker-Zeitung 1907 nach Revista de Chemica Pura e Applicata, 1907, S. 471.

Fiala, Beitrage zur römischen Archäologie der Herzegowina. Sonderabdruck aus Wissenschaftl. Mitt. aus Bosnien u. d. Herzegowina 1897, Wien 1897.

Freise, Das Eisenhüttenwesen im Altertum. Stahl u. Eisen 1907, S. 1615.

— Geographische Verbreitung und wirtschaftliche Entwicklung des süd- und mitteleuropäischen Bergbaus im Altertum. Zeitschr. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preußischen Staate 1907, S. 199.

Gustafson, Über die Konservierung der im Wikingerschiff zu Oseberg gefundenen Altertümer. Polyteknisk Forenings Kemikergruppe i Kristiania, Sitzung vom 4. November 1913.

Hadfield, Singhalesisches Eisen und Stahl aus früherer Zeit. Chemiker-Zeitung 1912, S. 594.

Hansen, De metallis atticis. Hamburg 1885.

Helm, Das Antimon und seine Benutzung zur Herstellung von Bronzen bei den alten Völkern. Prometheus 1898, S. 41.

Herodot, Geschichten. 1. Buch 50 und 51, 3. Buch 95—107.

Hofmann, K. B. Das Blei bei den Völkern des Altertums. Berlin 1885.

— Die Entstehung des Wortes „Bronze". Berg- u. Hüttenmännische Zeitung 1890.

Hommel, Zur Geschichte des Zinks. Chemiker-Zeitung 1912. S. 95. 905.

— Über indisches und chinesisches Zink. Zeitschrift für angew. Chemie 1912, S. 97.

Jaeck, Industrie und Gewerbe im Altertum. Prometheus 1898, S. 434.

Jüptner von Jonstorff, Das Eisenhüttenwesen. Leipzig 1912.

— Prähistorische Eisenerzeugung bei den Naturvölkern. Das Wissen, 6. Jahrg., Nr. 9, S. 89.

Kellner, Römische Baureste in Ilidze bei Sarajevo. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.

Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertume. Vortrag, geh. im Dozentenverein der Universität Rostock, Juni 1906. Veröffentlicht in Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Kopp, Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843—1847, Bd. IV.

Kordellas, Le Laurium, Marseille 1871.

Krause, Kupfer. Elektrochemische Zeitschrift 18. Jahrg., S. 293.

Lang, Die altägyptischen Kupferwerke am Sinai. Nach Berthelot, Comptes rendus de l'Académie des Sciences 1896, S. 365. Prometheus 1897, S. 250.

Ledebur, Die Legierungen. Berlin 1913.

Lehmann-Haupt, Die historische Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.

v. Lippmann, Chemische Papyri des 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.

— Platin in Spanien. Chemiker-Zeitung 1916.

— Die Geschichte der Bronze und die Erklärung ihres Namens. Vortrag am 12. Dez. 1916 in der Naturforschenden Gesellschaft Halle a. S. Chemiker-Zeitung 1917, S. 44.

Lohse, Die Entwicklung der Gebläse bis zur Mitte des 19. Jahrh. Stahl und Eisen, Jahrg. 31, S. 173.

Ludwig, Κυπρος, cuprum. Zeitschrift für die Kunde des Morgenlandes, 1905, S. 239.

Luschan, Afrikanische Eisentechnik, Vortrag, gehalten in der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, November 1908.

Mansch, Die Anfänge der Bleikultur. Welt der Technik 1909, S. 322.

Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.

— Platin in Spanien. Chemiker-Zeitung 1916.

Mehrtens: Das Eisen im Altertum. Stahl und Eisen 1887, S. 527.

Neuburger, Einige Bemerkungen zu dem Vortrag von Burgeß und Hambuechen über elektrolytisches Eisen (Kosten des Eisens). Elektrochemische Zeitschrift 1904, S. 77.

— Handbuch der praktischen Elektrometallurgie. München 1907.

Neumann, Die Metalle. Halle 1904.

— Messing. Zeitschr. f. angew. Chemie 1902, S. 411.

— Zur Geschichte des Messings. Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 253.

Oppert, Über die Metalle, besonders das Messing. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Patsch, Archäologisch-epigraphische Untersuchungen zur Geschichte der römischen Provinz Dalmatien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.

Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Chemnitz 1896.

Radimsky, Die Nekropole von Jezerine. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1895. Wien 1895.

— Die vorgeschichtlichen und römischen Altertümer des Bezirkes Zupanjac in Bosnien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1896. Wien 1896.

Rhousopoulos, Beitrag über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Grie-

chen. Archiv f. Geschichte der Naturwissenschaften und Technik. 1909, S. 287.

Rohrer, Die alten Kupfergruben in Chalkis. Athen 1909.

Rössing, Geschichte der Metalle. Berlin 1901.

Schelenz, Zinn, Kassiteros. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften, Band VIII, S. 106.

Schmidt, H. Die Luren von Daberkow, Kreis Demmin. Ein Beitrag zur Geschichte von Formen und Technik in der Bronzezeit. Prähistorische Zeitschrift 1915. Heft 3/4, S. 85.

Schmidt, Handbuch der Galvanoplastik. Quedlinburg und Leipzig 1847.

Schrader, Griech: *μέταλλον* in: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Schulze, Ernst, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.

E. Schultze-Großborstel, Eisen und Stahl in Indien. Archiv f. Geschichte der Naturwissenschaften u. d. Technik, Band II, S. 350.

C. R. v. Schwarz, Die Eisenindustrie bei den alten Indern. Österreichische Monatsschrift für den Orient 1893.

Schwenzner, Das geschäftliche Leben im alten Babylonien nach den Verträgen und Briefen dargestellt. Der alte Orient 1916, 16. Jahrg., Heft 1.

Soisson, Eisenindustrie in Luxemburg zur Zeit der Kelten und Römer. Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1907, S. 1395.

Steindorff, Die Blütezeit des Pharaonenreichs. Bielefeld 1900.

Stephanides, *Συμβολαὶ εἰς τὴν ἱστορίαν τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν καὶ ἰδίως τῆς χυμείας.* Abschnitt 14. Athen 1914.

Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschr. Die Kultur, 1905, S. 474.

— Über die Vorgeschichte und die Anfänge der Chemie. Leipzig und Wien 1906.

Wichelhaus, Das goldene Vließ des Jason in naturwissenschaftlicher Beleuchtung. Vortrag, geh. im Juni 1910 in der Berliner Gesellschaft f. Geschichte der Naturwissenschaften und Medizin. Ref. Elektrochemische Zeitschrift 1911. 12. 347.

Zenghelis, Das Metall der alten Prägestempel. Chemiker-Zeitung 1907, S. 1116.

Die Bearbeitung der Metalle.

In dem Zustande, wie man die Metalle in der Natur vorfand, oder wie man sie durch hüttenmännische Verfahren aus ihren Erzen erhielt, konnten sie keine Verwendung finden. Es mußten deshalb besondere Arten der Bearbeitung mit ihnen vorgenommen werden, ehe man daraus Schmuckwaren, Handwerkszeug, häusliche Geräte und die verschiedenartigsten Gegenstände des technischen Gebrauchs anzufertigen vermochte. Diese Bearbeitung der Metalle war teils mechanischer, teils chemischer Art. Während die mechanische Metallbearbeitung den Zweck hatte, das Metall in eine geeignete Form zu bringen, diente die chemische dazu, ihm, insbesondere aber seiner Oberfläche, ein anderes Aussehen zu verleihen, oder aber dazu, getrennte Metallstücke zu vereinigen, wie z. B. das auf der Bildung von Metalllegierungen beruhende Löten.

Auf beiden Gebieten der Metallbearbeitung, auf dem der mechanischen sowohl wie dem der chemischen, besaß man bereits in den frühesten Zeiten des Altertums hervorragende Fertigkeiten. Schon sehr frühe verstand man die Dehnbarkeit der Metalle, insbesondere der Edelmetalle, dadurch auszunützen, daß man ihnen durch Hämmern und Treiben nicht nur eine größere Oberfläche verlieh, sondern sie auch in bestimmte Formen brachte. Das Formen durch Guß kam wahrscheinlich erst später auf. Die ältesten Bildwerke, wie Statuen von Göttern usw. usw., wurden aus Lehm geformt oder aus Holz geschnitzt und dann mit Goldplatten belegt. Um diese Platten auf dem Kerne haften zu machen und sie auch unter sich zu verbinden, gebrauchte man das Verfahren des Nietens und wahrscheinlich auch das des Verschweißens. Außerdem hämmerte man die Goldplatten zuweilen mit Hilfe künstlich hervorgebrachter Ecken und Kanten in die Unterlage ein — eine Methode, die sich in früher Zeit bei fast allen Völkern des Altertums vorfindet.

Blattmetalle und Treibarbeit.

Unter allen Metallen ist es nun vor allem das Gold, das die Eigenschaft der Dehnbarkeit in ganz besonders hohem Maße besitzt. So darf es uns nicht wundernehmen, daß man diese Eigenschaft auch schon sehr bald erkannte und ausnützte. Das durch fortgesetztes Hämmern zu dünnen Blättern ausgeschlagene Gold, das sogenannte „Blattgold“, findet sich fast überall schon in vorgeschichtlicher Zeit. Im Jahre 3500 v. Chr. wird, wie eine im Berliner Museum befindliche altägyptische Halskette beweist, derartiges Blattgold schon zu prachtvollen Goldschmiedearbeiten benützt. Etwa um die gleiche Zeit belegt man in Ägypten die verschiedenartigsten Gegenstände mit Goldblech, und schon 2600 v. Chr. kommt im ägyptischen Reiche das eigentliche Vergolden mit Hilfe von Blattgold auf, d. h. man befestigt das Blattgold nicht mehr durch Aufnieten usw., sondern man macht von seiner Eigenschaft

der Adhäsion Gebrauch, indem man z. B. Holz mit Wachs überzieht, auf das man das Blattgold aufbringt, das durch Adhäsion fest haften bleibt. Bei Gegenständen aus anderem Material wird erst eine Auflage aus Stuck gemacht, die man bemalt, worauf das Blattgold aufgesetzt wird (entsprechend unserer heutigen Wachs- oder „Plafond-vergoldung"). Gleichfalls auf der Ausnützung der Adhäsion beruht das später übliche und bei vielen Völkern des Altertums nachweisbare Plombieren der Zähne durch



Abb. 28. Goldschmiedewerkstatt.
Links ein Goldschläger. — Darstellung aus einem Grab von Sakkara.

Einstopfen oder Einhämmern von Blattgold, das sich merkwürdigerweise auch in Ekuador bei den damaligen Ureinwohnern, den Azteken, hat nachweisen lassen, wo Saville bei einer im Auftrage der Columbia-Universität unternommenen Forschungsreise Schädel auffand, deren Zähne teils mit Zement, teils mit Gold gefüllt waren.

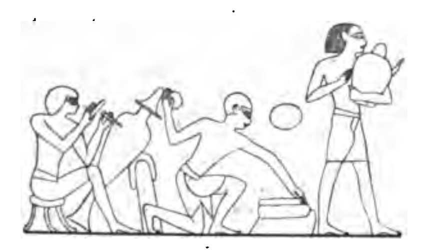


Abb. 29. Darstellung eines Goldschlägers (in der Mitte) aus dem Grabe von Rechmere.



Abb. 30. Schmelzen von Metall in Ägypten mit Hilfe eines Blasrohres.
Links oben Gerätschaften, die nach Theobald als Ambos, Form und Schlagstein eines Goldschlägers gedeutet werden müssen. (Zu beachten die aus abwechselnden Schichten von Pergament mit Goldblättchen bestehende Form.)

In Ägypten verstand man das Gold fast bis zur Dünne des Blattgolds aus dem 18. Jahrhundert unserer Zeitrechnung auszuschlagen. Berthelot hat durch Nachmessen die Dicke solcher Goldblätter aus der 12. und 13. Dynastie (um 2000—1800 v. Chr.) auf nur 0,001 Millimeter festgestellt. Ebenso wie das Gold wurde auch das Silber zu dünnen Blättern (0,001—0,0025 Millimeter) ausgeschlagen.

Welche Technik wendete man nun bei den alten Ägyptern sowie bei den übrigen Völkern des Altertums zur Erzielung derartiger dünner Goldblättchen an? Aus Abbildungen von einem Grabe zu Sakkara (Abb. 28), die aus der Zeit von etwa 2500 v. Chr. stammen, sowie aus solchen aus dem Grabe des ägyptischen Würdenträgers Rechmere (etwa 1450 v. Chr.) (Abb. 29) sind uns Darstellungen erhalten, die nach Theobald als solche von Goldschlägern gedeutet werden müssen (s. a. Abb. 30). Auf einem Steine, der als Amboß dient, liegt die sogenannte „Form", d. h. ein Stapel, der aus abwechs-

lungsweise geschichteten Goldplättchen und dazwischengelegten Hautstückchen besteht. Der Goldschläger hält diese Form mit der linken Hand fest und schwingt in der rechten einen schweren Stein, mit dem er auf die Form schlägt. Es handelt sich also um ganz genau dasselbe Verfahren, wie es auch heute noch in den Goldschlägerwerkstätten ausgeübt wird, nur daß man jetzt anstatt des geschwungenen Steins einen Hammer verwendet. Während man aber heutzutage den Stapel von Goldblättchen und Häuten, aus denen sich die Form zusammensetzt, ziemlich hoch macht, benutzte man damals eine niedrige, flache, nur aus wenigen der genannten Einzelteile bestehende



Abb. 31. Riesenstatue des Herkules aus Bronze, vollständig durch Überziehen mit Blattgold vergoldet. Römische Arbeit. Rom, Vatikanisches Museum



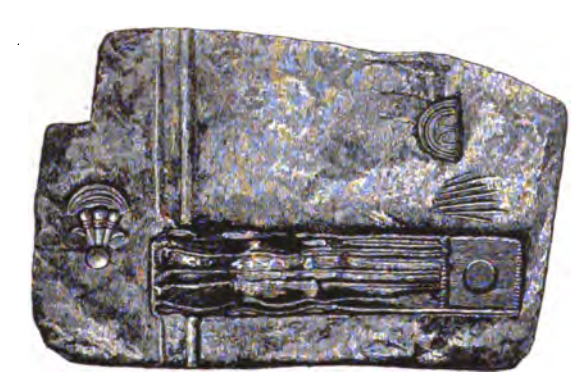
Abb. 32. Römischer Goldschläger, wahrscheinlich die Zaine vorbereitend. Vatikanisches Museum.

Form. Welche Art von Häuten verwendet wurde, ist unbekannt. Die heutige aus dem Blinddarm des Rindes hergestellte Goldschlägerhaut wird man wohl kaum benutzt haben, Maspero gibt an, daß Pergament, also Eselshaut, Verwendung fand, eine Ansicht, der sich Wilkinson (Bd. II, S. 243) anschließt.

Die Vorbereitung der auszuschlagenden Goldblättchen geschieht heutzutage durch Gießen des Goldes zu „Zainen", also länglichen Stäben und Auswalzen dieser zu langen schmalen Goldblechen. Die gleiche Art der Vorbereitung dürfte auch in Ägypten stattgehabt haben. Über das Gießen und die dabei verwendeten Vorrichtungen sind uns noch Darstellungen erhalten, auf die wir bei Besprechung des Metallgusses eingehender zurückkommen werden.

Da wir bei allen Völkern des Altertums, sowohl bei den vorderasiatischen wie bei den Juden, den Indern usw. usw., entweder Überreste oder Nachrichten von

der Verwendung des Blattgoldes finden, so ist anzunehmen, daß seine Herstellung angesichts der damaligen Handelsbeziehungen und des oft festgestellten Austausches technischer Fertigkeiten durch den Verkehr nach den gleichen Verfahren geschah wie bei den Ägyptern. Manche Völker, die Blattgold verwendeten, mögen es allerdings auch aus dem Auslande bezogen haben. Die **Chinesen**, deren Kultur sich ja zum größten Teil auf die Verwendung des Papiers gründet, haben anstatt der Pergamenthaut wahrscheinlich dünne Blätter schwarzen Papiers benutzt.



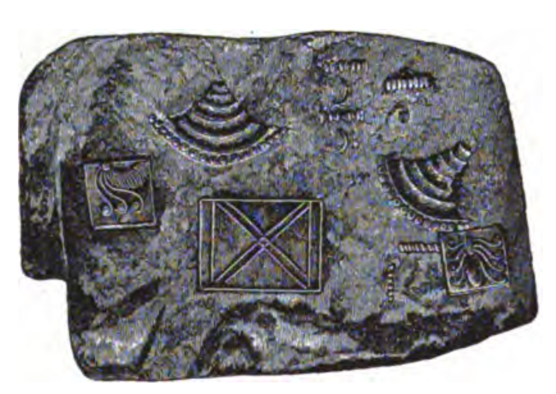


Abb. 33 und 34. **Zwei Seiten eines Formsteins aus Granit zum Treiben verschiedener Schmucksachen.**
Die Annahme von **Schliemann**, daß es sich um eine Gußform handle, ist sicherlich falsch, denn es fehlen Gegenform, Einguß-trichter und -Kanäle, Windpfeifen usw.; auch gleicht die Form den bei Goldschmieden bis in die Neuzeit gebrauchten Treibformen, dann wurden die in Frage kommenden Gegenstände stets durch Treibarbeit hergestellt. ⅔ der natürlichen Größe.

Eine sehr weite Verbreitung erlangte das Blattgold bei den **Griechen** und **Römern**. Bei den ersteren findet seine Verwendung schon zu den Zeiten **Homers**, also wahrscheinlich bereits 850—800 v. Chr., statt. Die Form wurde jedoch nicht aus Goldplättchen und Haut, sondern wahrscheinlich aus Schichten von Goldblech und Kupferplättchen gebildet. Schreibt doch **Dioscorides** (V 91) um 75 n. Chr., daß man zur Bereitung von Kupfervitriol auch die Feilspäne von Kupferplättchen benutzen könnte, zwischen denen das Blattgold geschlagen wird (λεπίδων, αἷς περιεχόμενα τὰ χρυσᾶ πέταλα ἐλαύνεται). Für Goldplatten und Blattgold gab es verschiedene Bezeichnungen, und zwar sowohl bei den Griechen wie bei den Römern. Bei den letzteren unterschied man wieder je nach der Dicke des Blattgoldes verschiedene Arten. **Plinius** (XXXIII 61) erzählt, daß man aus einer Unze (30,59 Gramm) Gold 750 und mehr Blätter von vier Finger Seitenlänge zu schlagen vermochte. (1 digitus = 0,0185 m; **Clarac** [s. unten] nimmt eine um einen nicht nennenswerten Betrag abweichende Größe an.) Die feinsten Blätter mochten also etwa eine Dicke von 1/300 Millimeter haben, so daß sie, da man jetzt Dicken von 1/9000 Millimeter erreicht, ungefähr dreimal so dick gewesen sein dürften wie unser heutiges feinstes Blattgold. Aus Versuchen, die **Clarac** über die eben erwähnte Angabe des Plinius machen ließ, ergab sich die nachstehende bemerkenswerte Vergleichstabelle zwischen altrömischer und neuzeitlicher Goldschlägertechnik, wobei die Blätter von 0,00018 Millimeter Dicke allerdings eine besondere, für gewöhnlich nicht erreichte Leistung darstellen.

Zahl der röm. Blätter aus 1 röm. Unze	Zahl der Paris. Blätter aus 1 röm. Unze	Blattgröße röm. Fing. im Quadr.	Blattgröße cm^2	Gesamtoberfläche der Blätter qm	Gewicht des Blattes g	Dicke des Blattes mm
750	750,000	4,00	54,3904	4,04185	0,0363	0,0003
750	427,733	6,72	153,9351	6,58303	0,6374	0,00018

Der bei den Römern zum Schlagen des Goldes benutzte Hammer dürfte wohl dem heute gebrauchten Goldschlägerhammer geglichen haben, obschon nicht feststeht, ob die einzige erhaltene Darstellung eines Goldschlägers (aurifex brattearius bzw. auf dem Relief brattiarius[?]) auf einem vatikanischen Relief wirklich die eigentliche Tätigkeit des Ausschlagens der Form darstellt. (Abb. 32 S. 35.) Es kann sich auch um das Vorbereiten der Goldplättchen, um die Herstellung von langen schmalen Goldbändern (sogen. „Zainen") handeln. Da der Goldschläger jetzt im Stehen schlägt und wohl auch nur in dieser Stellung den starken, aber doch elastischen Schlag auszuüben vermag, durch den einzig und allein das Zerreißen der dünnen Goldplättchen verhütet wird, so erscheint es dem Verfasser zweifelhaft, daß man damals, wo man ja ebenfalls bereits sehr feine Blättchen herstellte, im Sitzen schlug. Bei dieser Körper haltung mußten sowohl Stärke wie Elastizität des Schlages abgeschwächt werden auch wird der Hammer nicht mit elastischer Bewegung geschwungen, die auf den altägyptischen Darstellungen, wo der Goldschläger kniet, deutlich in Erscheinung tritt.

Außer Gold und Silber wurden auch noch andere Metalle



Abb. 35. Kalksteinsplitter mit ausgetuschter Zeichnung, die Kupferschmiede, ein Gefäß treibend, darstellt. Gefunden zu Der el Medina. Breite 11 cm. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 36. Attische Schale mit Darstellung von Treibarbeit in Bronze. Zu beachten die Form des Hammers mit abgerundeten und verdickten Enden. Berlin Altes Museum Antiquarium.



Abb. 37. Treiben großer Gefäße.
In der Mitte wird augenscheinlich ein größeres Stück über einer Form getrieben. Auf Treibarbeit läßt nach Ansicht des Verfassers auch die Form des Hammers (abgerundete Ecken) schließen. Rechts wahrscheinlich Polieren der getriebenen Gegenstände. Relief. Museum Neapel.

durch Hämmern zu dünnen Blättchen ausgedehnt und dabei zum Teil gleichzeitig in bestimmte Formen gebrach', also getrieben (Treibarbeit: Toreutik, Cälatur.) [1]) Man schuf Bleche und Gebrauchs- bzw. Kunstgegenstände. Im ersteren Falle verwendete man einen Amboß, auf dem man das Metall bis zu der gewünschten geringen Dicke ausschlug, im

[1]) *τορεύω* = ich durchbohre; *τορεύματα:* bei den Griechen, die sie (nach O. Müller, Handb. der Arch.) erfunden haben sollen = getriebene Arbeiten; bei den Römern caelaturae genannt.

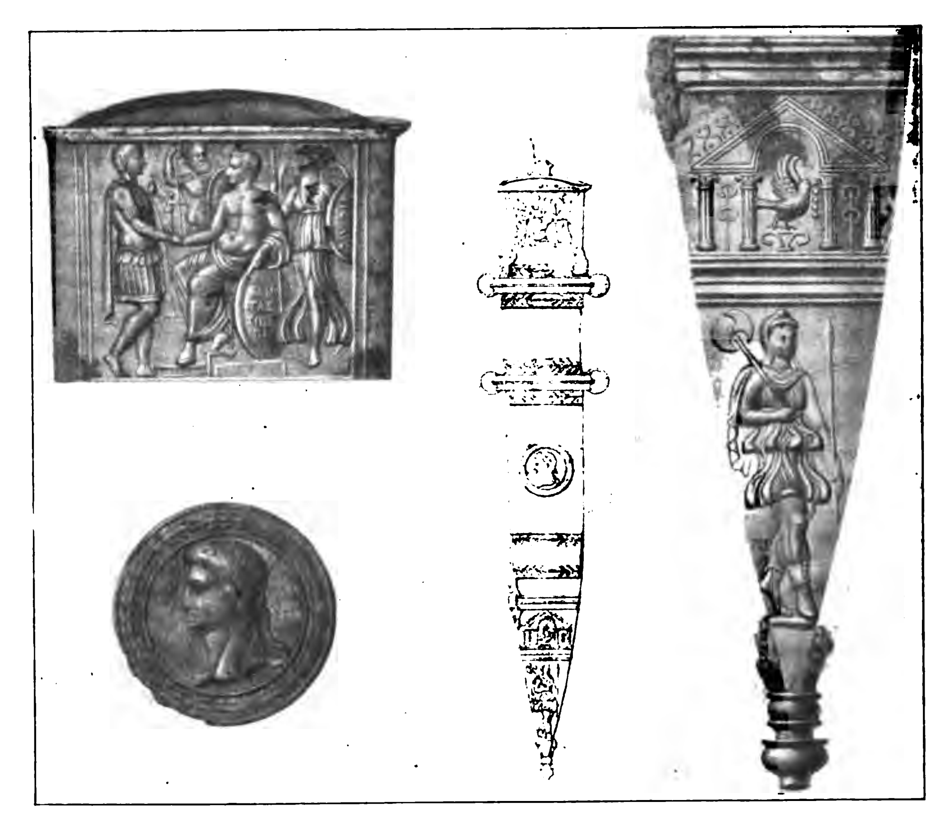


Abb. 38. Das Schwert des Tiberius.
Hervorragendes Beispiel einer römischen Treibarbeit. Gefunden am 10. August 1848 in Mainz.
Länge 40 cm, Breite 7 cm.

letzteren kamen Formen aus Holz oder Stein (Abb. 33, 34 und 39) zur Anwendung, über die das Blech gestülpt wurde oder in die man es hineinlegte, und über bzw. in



Abb. 39. Altägyptische Treibform.
Für Figuren aus Goldblech. Harter gelblicher Stein (4,7 : 4,2 cm).
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

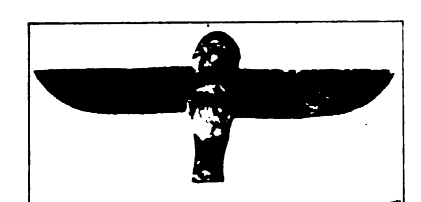


Abb. 40.
Ägyptische Treibarbeit aus Goldblech.
Figürchen eines fliegenden Seelenspenders aus Goldblech; Menschenkopf. Höhe 3,3 cm. Breite 7,5 cm. Abusir el Meleq. Massengrab der Harsaphespriester.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

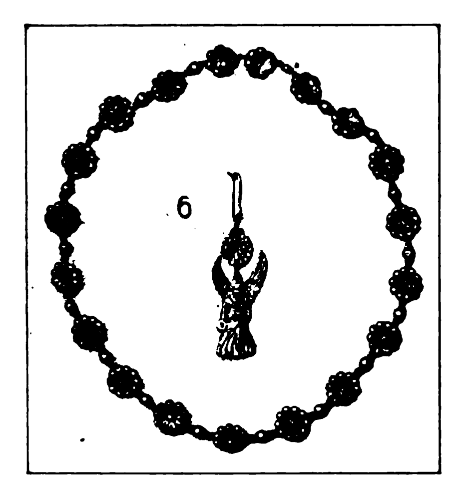


Abb. 41.
Römische Treibarbeit aus Goldblech.
(Armband und Ohrring.) Berlin, Altes Museum, Antiquarium.



Abb. 42. Getriebenes Diadem aus Mykenae. Um 1600 v. Chr.
Legierung (Elektron) aus 7,51 v. H. Gold und 24,9 v. H. Silber. — Museum Athen. · (Katalog Nr. 37.)

denen man es dann so lange mittels eines je nach der Art des Bleches metallenen oder hölzernen Hammers bearbeitete, bis es sich vollkommen der Form angeschmiegt hatte.

Der Hammer hatte, wie jetzt auch noch, häufig abgerundete oder verdickte Ecken, damit das Metall nicht durch scharfe Kanten verletzt werde (s. Abb. 36 u. 37). Bei größeren Gegenständen machte das Treiben zunächst Schwierigkeiten. Man trieb deshalb die Einzelteile, die man dann zusammennietete. Später lernte man ganze Gefäße, Krüge, Becher usw. aus einem einzigen Stück treiben. Eine weitere Vervollkommnung der Treibarbeit besteht dann in dem Treiben aus freier Hand, bei dem die Verwendung der Form wegfällt, und das eine hohe Kunstfertigkeit erfordert. Es wird lediglich eine Zeichnung angefertigt, nach der der geschickte Arbeiter den Gegenstand dadurch herstellt, daß er die Rückseite mit Hämmern und sonstigen Werkzeugen bearbeitet. Die fertig getriebenen Teile werden, um sie bei der weiteren Arbeit vor



Abb. 43. Getriebene Goldvase aus Mykenae (um 1600 v. Chr.). In inneren Teilen der Treibarbeit wurde durch die Analyse Wachs festgestellt. Museum Athen. (Katalog Nr. 351.).

Verletzungen zu schützen, mit Pech oder, wie Rhousopoulos durch Analysen feststellte, mit Wachs ausgegossen. Zu weit vorgetriebene, also zu stark geratene Teile sowie Vertiefungen werden unter Verwendung von Punzen nach innen zurückgetrieben, wobei, um das Reißen zu verhüten und den Schlag zu dämpfen, gleichfalls wieder eine Ausfüllung des Innenraums mit Pech vorgenommen wird. Auf die geschilderte Weise entstehen Gefäße, Beschläge, Dreifüße, Kannen Teller, Bildsäulen usw. usw., die teils ganz aus Treibarbeit hergestellt sind, teils nur aufgesetzte Reliefs von solchen enthalten. Das am meisten verwendete Metall ist neben den Edelmetallen das Kupfer sowie die aus ihm gewonnene Bronze. Aus der letzteren hat man, wie die Bronzen von Siris im Britischen Museum beweisen, Treibarbeiten herzustellen verstanden, bei denen das Metall bis zu der außerordentlich geringen Dicke des Papiers ausgeschlagen ist. Auch Bleiplatten und Bleibleche wurden durch Treibarbeit hergestellt, die dann mancherlei technische Verwendung fanden, z. B. zur Herstellung von Wasserleitungsröhren, als Siebbleche bei Ausgüssen und Dränagen usw. usw.

Drähte.

Mannigfache Verwendung fand im Altertum der **Metalldraht**, insbesondere der aus Edelmetallen hergestellte, der zu Schmucksachen verarbeitet wird, ja sogar

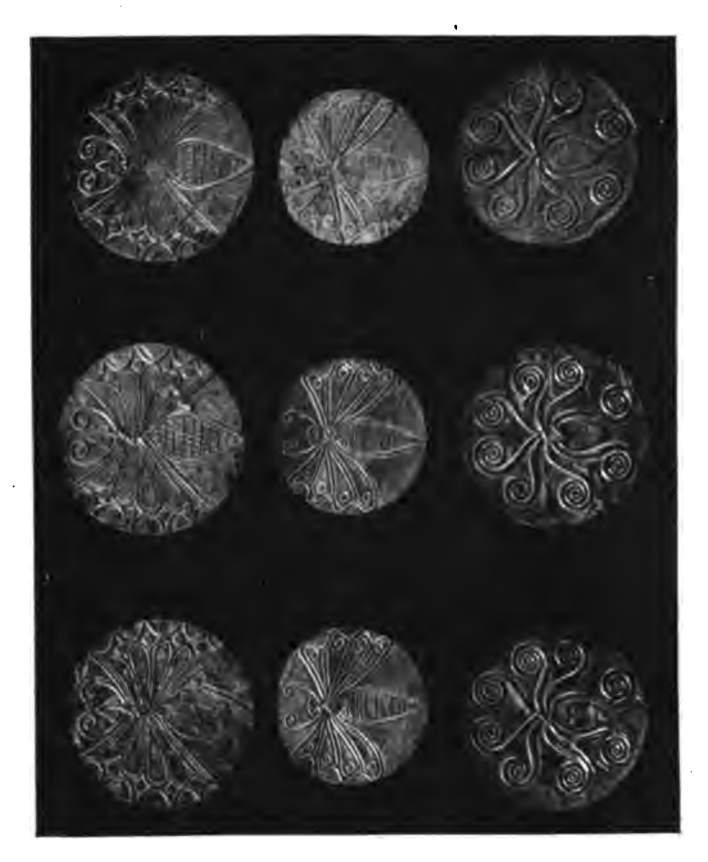


Abb. 44. **Goldene Rosetten.** Treibarbeiten (aus einem Grabe zu Mykenae). Um 1600 v. Chr. Museum **Athen.** (Katalog Nr. 590.)

zum Festbinden locker gewordener Zähne dient (Saville). Aus altägyptischen Funden aus der Zeit um 3500 v. Chr. sind Kupferdrähte bekannt, und auch aus späteren Zeiten sind uns mannigfache Spuren der Benützung von Draht erhalten, ja es sind sogar noch Drähte aus dem 6. Jahrhundert n. Chr. erhalten, die die beträcht-



Abb. 45. **Getriebene Metallkessel.** Verkauf auf der Straße. Die Größe ist durch Vergleich mit den daneben stehenden Männern zu erkennen. Wandbild in **Herculanum.**

liche Länge von etwa 1½ Meter aufweisen (Germanisches Museum, Nürnberg). Zur Zeit des Untergangs von Pompeji (79 n. Chr.) verwendete man auch bereits Drahtseile. Ein solches in Pompeji aufgefundenes hat eine Länge von 4½ Meter

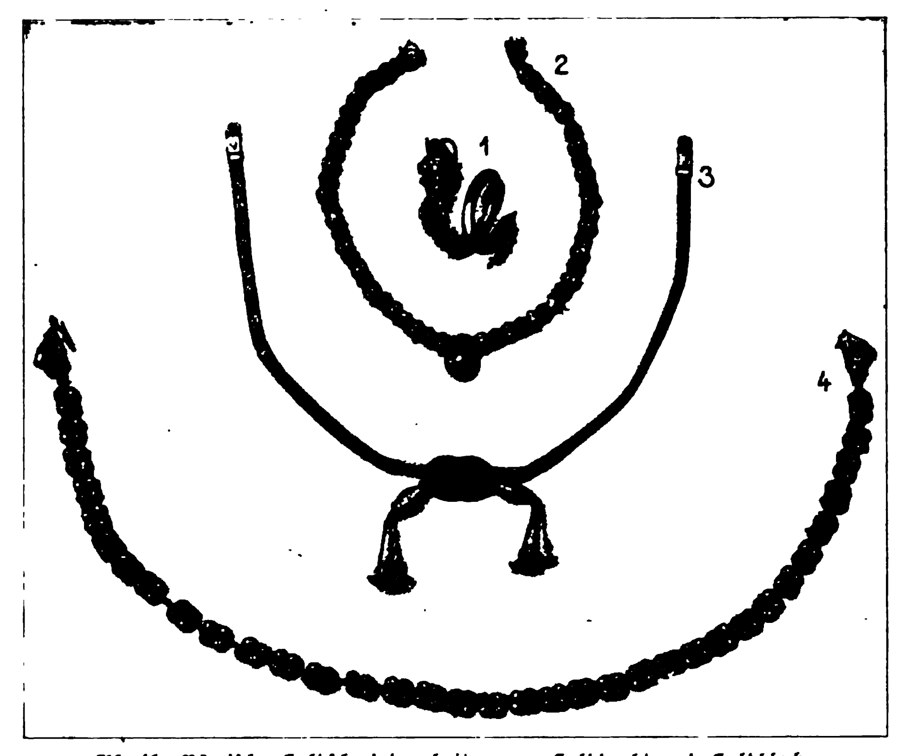


Abb. 46. Römische Goldschmiedearbeiten aus Golddraht und Goldblech.
1. Armband aus Goldblech. 2 und 4 Ketten aus Goldblechperlen. 3 Kette aus äußerst feinem, haardünnem Golddraht geflochten. — Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

und einen Umfang von 2½ Zentimeter. Es besteht aus Bronzedraht, von dem drei Stränge aus je 15 Drähten zusammengedreht wurden. Man hat also die mannigfachsten Metalle zu Draht verarbeitet, doch ist uns über seine Herstellung nur sehr wenig bekannt. Eine Herstellungsart des Drahtes ist in der Bibel (2. Buch Moses 39, V. 2) beschrieben, wo es heißt: „er schlug das Gold und schnitt es in Fäden, daß man es künstlich wirken konnte unter Seide". Außerdem gewann man Draht auch noch durch Aushämmern von Metallen sowie durch Ausschmieden. Gezogener Draht war nach Schliemann (Ilion, Stadt und Land der Trojaner, S. 509) schon zu Homers Zeiten bekannt, auch hat man solchen an verschiedenen alten Fundstätten, darunter auch in Mykenae, gefunden. Wie er aber hergestellt wurde, darüber fehlen alle Überlieferungen, doch kann man wohl annehmen, daß langer Draht, wie er z. B. schon 2900 v. Chr. zu Sakkara verwendet wurde, durch Zusammenschweißen ausgeschmiedeter Stücke entstand

Stanzen.

Eine im Altertume viel gebräuchliche Technik der Metallbearbeitung war das Stanzen der Metalle, durch das man dem Metallbleche nicht nur eine bestimmte Form

gab, sondern es außerdem noch mit erhabenen oder vertieften Verzierungen versah. Ob man aus dem Blech auch Plättchen ausstanzte, obschon man die Lochstanze kannte und sie schon in mykenäischer Zeit zur Herstellung von Verzierungen verwendete, erscheint nicht als erwiesen. Runde Metallplättchen wurden wahrscheinlich mit der Schere oder dem Messer ausgeschnitten. Hingegen stanzte man Verzierungen in Kästchen, in Metallstückchen, die auf die Kleider aufgenäht wurden, usw. usw. in der Weise ein, daß man das Metallblech auf einen Amboß von Blei auflegte. Dann wurde die aus härterem Metall, also aus Bronze oder vielleicht auch aus Eisen angefertigte Stanze aufgesetzt. Sie enthielt die Verzierungen, die meist durch Eingravieren, vielleicht auch mittels des Schleifrades, hergestellt worden sein dürften. Durch einen kräftigen Schlag mit dem Hammer drückte sich die auf der Stanze enthaltene Darstellung in das Metallblech ab. Manchmal hat man das Blech wohl auf die mit der Gravierung nach oben gerichtete Stanze aufgelegt und es dann durch Treiben mittels des Hammers in sie eingeschlagen. Verzierungen, die sich besonders oft wiederholten, wie Ornamente auf Blechen, Randleisten an Bechern usw. usw., wurden meist durch Aneinanderreihen bei Gebrauch ein- und derselben Stanze hergestellt.

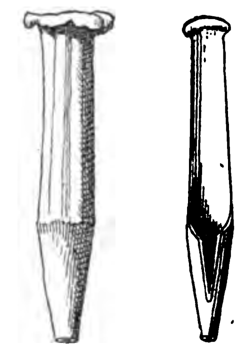


Abb. 47. Locheisen. Zum Einstanzen von Verzierungen in Blech.

Prägen, Ziselieren und Gravieren.

Sehr nahe verwandt mit dem Stanzen war das Prägen, das vor allem bei der Herstellung der Münzen ausgedehnte Anwendung fand, die jedoch insbesondere in römischer Zeit sehr häufig auch durch Guß gewonnen wurden. Wir werden auf die letztere Art ihrer Anfertigung später, bei der Besprechung des Metallgusses, noch zurückkommen. Hier sei zunächst die Prägung besprochen, die sich infolge eigenartiger Umstände entwickelte. Als Geld diente zunächst nicht überall Metall; die verschiedensten Gegenstände wurden verwendet, ja in China soll bereits im Jahre 2697 v. Chr. Papiergeld ausgegeben worden sein, das aus den Fasern des Maulbeerbaumes bereitet wurde und mit dem Sinnspruch versehen war: „Alles, was du tust, tue mit Vorsicht". Als man die Metalle als Geld zu verwenden begann, behandelte man sie wie Ware, d. h. man wog sie sich zu. So verfuhren die Juden vor der babylonischen Verbannung. In Ägypten waren zum Abwiegen des Geldes, das die Form runder aus Edelmetall gefertigter Ringe hatte, sehr zweckmäßig gebaute Wagen im Gebrauch (s. Abb. 48 S. 44, ferner Abb. 49 S. 45). Aber auch die Griechen und Römer benutzten zunächst keine geprägten Münzen. Da das Abwiegen zeitraubend war, so vereinfachte man das Verfahren, indem man dem Edelmetall die schon erwähnten Formen von Ringen oder auch von Barren gab, die ein bestimmtes Gewicht haben sollten. Auf Grund dieses durch eine so einfache Technik der Herstellung gewonnenen Geldes entwickelte sich, z. B. in Babylon bereits eine ausgedehnte Geldwirtschaft. Die Ringe gaben aber keine Gewähr dafür, daß sie aus Metall vom richtigen Feingehalt hergestellt waren. Ein Ring konnte zwar das richtige Gewicht aufweisen, aber doch weniger Gold enthalten, als er sollte. Ziemlich spät erst kam man auf den Gedanken, zur Beglaubigung des Gewichts und des Feingehaltes eine Abstempelung der Ringe oder Barren vorzu-

nehmen. In Babylon und Ägypten war diese Stempelung noch nicht in Gebrauch. Die Kunst der Münzprägung dürfte um das Jahr 700 v. Chr. aufgekommen sein, und neueren Forschungen (H. Halke) zufolge dürfte Herodot Recht haben, der behauptet: „Sie (die Lyder) sind unseres Wissens die ersten, die goldene und silberne Münzen geprägt und gebraucht“ (Herodot I 94). Die Münzen waren eiförmig, wiesen auf der einen Seite eine Anzahl paralleler Streifen auf und zeigten auf der anderen einige unregelmäßige Vertiefungen. Sie waren aus „Elektron“, der bekannten Legierung von Gold und Silber, die in diesem Fall im Verhältnis von 3:1 gemischt waren, hergestellt. Erst später kamen Münzbilder (Tierköpfe, Götterbilder, schließlich das Bild des Landesherrn) auf.

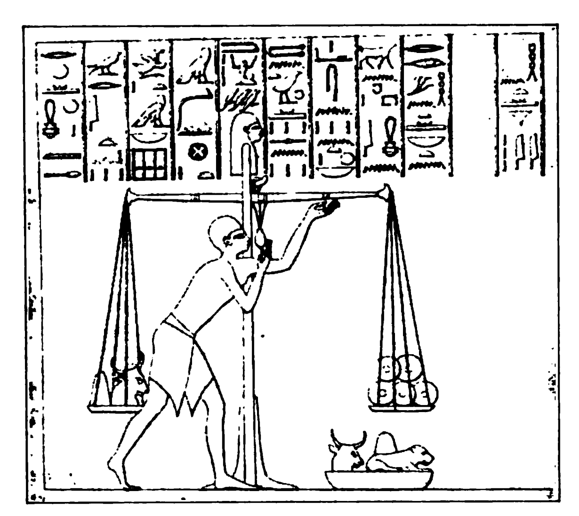


Abb. 48. Abwiegen mit Geldringen. Der Mann beobachtet, ob die Wage einspielt. Gleichgewicht ist vorhanden, wenn die drei Fäden, an denen das Senkgewicht von der Mitte des wagrechten Wagebalkens herabhängt, sämtlich gespannt sind. Ist ein Faden lose, so ist die Wage nicht im Gleichgewicht. 18. Dynastie (um 1550 v. Chr.). Aus Gräbern von Abd el Guma, Theben.

Die Münzprägung geschah durch eine Art verbesserter Stanztechnik. Man verwendete einen Prägestempel, in den man die zu prägende Darstellung eingravierte. Der Münzstempel war aus gehärteter Bronze, sehr häufig aber auch aus Eisen gefertigt. Die Prägestempel scheinen nicht sehr dauerhaft gewesen zu sein, da von ein und derselben Münzstätte aus im Laufe sehr kurzer Zeit, oft nur eines Jahres, immer wieder Münzen mit neuer Prägung, die unter Anwendung verschiedener Stempel hergestellt waren, ausgegeben wurden. Es muß also im Altertume geradezu Unmengen von Prägestempeln gegeben haben. Von allen diesen Stempeln sind uns aber nur zwei griechische und eine Anzahl römischer erhalten, von denen die Echtheit der letzteren seitens der Numismatiker bezweifelt wird. Es sollen Falschmünzerstempel sein. Ein weiterer Prägestempel, erst in neuerer Zeit in Ägypten gefunden, (Abb. 50) stammt aus der Zeit von 430—322 v. Chr., also aus der Zeit der Perserkönige, wo man in Ägypten bereits Münzen prägte. Dieser Stempel besteht aus Bronze, ist etwa 6 cm hoch, 164,12 g schwer und zeigt die Gestalt zweier mit ihren Grundflächen aufeinandergestellter, oben abgestumpfter Pyramiden ungleicher Höhe. Die untere, die die Gravierung enthält, ist die niedrigere. Bei der Untersuchung durch Zenghelis ergab sich, daß die Masse des Stempels durchweg dieselbe Härte und Farbe hatte. Verdickungen, die er zeigt, sind durch den Widerstand der Unterlage und durch die Hammerschläge entstanden. Die Analyse ergab, daß das ursprünglich verwendete Stempelmetall aus 75 Teilen Kupfer und 25 Teilen Zinn bestand. Die gewöhnliche Kupfer-Zinnlegierung weist 90 Teile Kupfer und 10 Teile Zinn auf. Die Erhöhung des Zinngehaltes um mehr als das Doppelte findet sich bei hunderten von Zenghelis durchforschter Analysen nur noch ein einziges Mal bei einer ägyptischen Pfeilspitze, also einem Gegenstande, der gleichfalls neben großer Härte eine bedeutende Festigkeit besitzen mußte. Der Stempel sollte aber auch noch Geschmeidigkeit aufweisen,

damit das Bild der Münze, die Eule der Athener Tetradrachmen, eingraviert werden konnte. Daß gerade diese Legierung gewählt wurde, um alle diese Eigenschaften zu erzielen, und daß sie obendrein keine Spur irgendeines fremden Metalles aufweist, das diese Eigenschaften hätte beeinträchtigen können, zeigt, wie sehr man sich damals schon des Einflusses der chemischen Zusammensetzung auf die physikalische Beschaffenheit bewußt war.

Die Münzen Griechenlands und auch Roms sind — insbesondere die aus der älteren Zeit — in technischer Hinsicht sehr wenig vollkommen. Man scheint stets den Hauptwert auf die künstlerische Vollendung des Münzbildes gelegt zu haben. Berühmte Stempelschneider, wie z. B. der Grieche Euainetos, zeichnen die von ihnen hergestellten Münzstempel mit ihrem Namen. Das Münzmetall wurde nicht, wie bei uns, in Form runder Plättchen aus Zainen ausgestanzt, man goß vielmehr die Stücke jedes einzeln, wobei man Formen verwendete, die wie die gegenwärtig in den Münzen zum Herstellen der Metallstäbe gebräuchlichen zum Auseinanderklappen eingerichtet waren. Da sich beim Prägen die Münze insbesondere in der Mitte etwas flach drückte oder vertiefte, und da auch manche Reliefs ziemlich hoch geschnitten waren, so goß man das zur Prägung bestimmte Metallstück oft in Form einer schwach bikonvexen Linse, an deren Rand, der gewöhnlich nicht geriffelt wurde, zuweilen noch Spuren der Gußnaht sowie des Eingusses sichtbar sind. Die ältesten geriffelten Münzen, die „Serraten", deren Rand sägenförmig ausgezahnt war, kamen 190 v. Chr. auf und waren bei den Germanen sehr beliebt (Tacitus). Damit sich das Metallstück bei der Prägung, die im Anfang nur auf einer Seite vorgenommen wurde, nicht verschieben konnte, war auf dem Amboß ein quadratisch geriffelter Klotz angebracht, der sich bei dem mit dem Hammer auf den Prägestempel geführten Schlag in das Münzmetall eindrückte und es festhielt. Auf alten griechischen Münzen sind die Spuren dieses aus dem Amboß herausragenden Zapfens oder Klotzes noch zu sehen. Später machte man aus der Not eine Tugend und gab diesem Zapfen irgendeine Form.

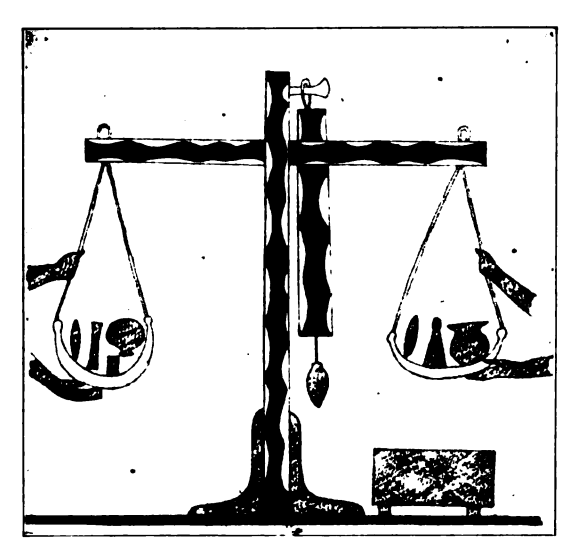


Abb. 49. Anderer Bau einer ägyptischen Wage. Am Wagebalken ein nach unten gerichteter Zeigebalken mit Lot, das gegen eine jedenfalls am Standfuß angebrachte Marke einspielen muß.



Abb. 50. Griechischer Münzstempel. Gefunden in Tel el Ahrib in Ägypten (um 430—322 v. Chr.). Höhe 6 cm, Gewicht 164,12 g.

Wie die beistehende Abb. 51 zeigt, war diese Form (wenigstens sehr häufig) die eines einfachen oder mit Linien versehenen Quadrates (quadratum incusum).



Abb. 51. Antike Münzen mit Spuren der Prägetechnik.
Sammlung Dr. Cahn, Frankfurt a. M. (Erklärung s. S. 47 unten.)

Dieses erfüllte vom technischen Standpunkte aus den beabsichtigten Zweck am besten. Es wirkte dem beim Verrücken stattfindenden Druck, von welcher Seite er auch kommen mochte, entgegen. Besonders wenn es liniirt war übte es an mehreren Stellen einen Gegendruck aus, der die Münze sehr sicher festhielt.

Auch Buchstaben brachte man auf dem Zapfen an, so daß er als eine Art von Gegenstempel (Matrize) diente. Aus ihm hat sich später der eigentliche Gegenstempel entwickelt. Die Münzprägung geschah wohl durchweg unter Verwendung kalten Metalls, obschon von mancher Seite angenommen wird, daß das Münzmetall in erhitztem Zustand auf den Amboß gelegt und mit Zangen dort festgehalten wurde. Mehrere kräftige Schläge auf den Prägestempel, wahrscheinlich mit Hilfe eines schweren Hammers ausgeführt, stellten dann die eigentliche Prägung dar. Das Relief erscheint meist erhaben, doch sitzt es, selbst noch zur Zeit der römischen Kaiser, sehr oft nicht in der Mitte. Es ist vielfach gegen den Rand zu verschoben, manchmal sogar verwischt, so daß man deutlich erkennt, daß der Stempel ungenau aufgesetzt oder nicht fest genug gehalten wurde, oder daß sich das Münzmetall verschob, oder daß, um eine schlechte Prägung zu verbessern, nach der ersten noch eine zweite ausgeführt wurde. Nicht unwahrscheinlich ist es, daß man große Münzen erst in eine Form goß, die bereits das Relief enthielt, das man durch einen Bleiabguß vom Prägestempel angenommen und dann in die Form eingedrückt hatte. Hierauf wurde auf dieses bereits vorhandene durch Guß entstandene Relief der Prägestempel aufgesetzt. Durch Hammerschläge auf ihn führte man eine Verschärfung des unscharfen Gußreliefs herbei.



Abb. 52. Ziselieren eines Helmes (links unten) in der Werkstatt des Hephästos. Wandgemälde in Pompeji.

Abb. 51 zeigt eine Anzahl weiterer antiker Münzen, an denen sich Eigenarten der Prägetechnik erkennen lassen.

Schon vor der Münzprägung scheint man nach dem gleichen Verfahren, nach dem man später Münzen herstellte, Medaillen angefertigt zu haben. Das Berliner

Erklärung zu Abb. 51 S. 46:

1. Archaische Tetradrachme von Acanthus in Mazedonien mit einfachem Quadratum incusum. 6. Jahrh. v. Chr.
2. Drachme von Aegina mit der Schildkröte und einfach liniiertem Quadratum incusum. 5. Jahrh.
3. Archaischer Stater von Korinth mit dem Kopfe der Athene im Quadratum incusum. 5. Jahrh.
4. Archaische Didrachme von Caulonia in Süditalien, um 550 v. Chr., auf welcher das Bild des Avers auf dem Revers intus nochmals erscheint. Technisch sehr interessant.
5. Tetradrachme der Königin Philistis von Syrakus, 275 v. Chr. Blütezeit der Stempelschneidekunst, hohes Relief.
6. Tetradrachme der Provinz Mazedonien unter römischer Herrschaft nach 148 v. Chr. Späte griechische Stempelschneidekunst.
7. Früher römisch-campanischer Doppeldenar, um 250 v. Chr., mit inkuser Inschrift ROMA.
8. Didrachme von Hyria in Campanien mit verletztem Stempel geprägt.
9. Denar des Julius Cäsar, auf welchem der Stempel über den Rand hinausragte (nicht zentrierte Prägung).
10. Denar der Gens Pomponia, ca. 100 v. Chr., mit gekerbtem Rande, sogenannter „Serratus“.
11. Didrachme von Metapontum-Lucaniae, auf zu kleinem Schrötling geprägt.
12. Gegossener römischer Triens (⅓ As = 4 Unzen) mit Gußzapfen, von der Gußform stehen geblieben, aus der stadt-römischen Schwerkupferserie, 4. Jahrh. v. Chr.
13. Ovaler gegossener Sextans (⅙ As = 2 Unzen) aus der umbrischen Schwerkupferserie. Die Gußzapfen an den Enden sind abgefeilt.

Museum besitzt eine Goldmedaille, die wahrscheinlich aus der Zeit der sagenhaften Königin Semiramis, der Schwiegertochter Salmanassars III. (860—826), stammt, und die trotz ihrer primitiven Technik von hoher künstlerischer Vollendung ist.

Außer den vorerwähnten Verfahren der mechanischen Metallbearbeitung war noch das Ziselieren (s. Abb. 52 S. 47) gebräuchlich, das ebenso wie das Gravieren mit Werkzeugen ausgeführt wurde, die den heute benutzten im wesentlichen glichen.

Nieten, Löten, Schweißen, Kitten.

Die Vereinigung einzelner Metallstücke zu einem größeren Ganzen erfolgte, wie wir schon oben erwähnten, anfänglich durch Zusammennieten oder durch Verwendung von Klammern. Wann statt dessen die innigere Verbindung durch das Löten aufkam, ist unbekannt. Man will in Glaukos aus Chios den Erfinder des Lötens erkennen, wenigstens scheint er im Altertume dafür gegolten zu haben. Tatsächlich aber sind die Kunst des Lötens sowohl wie die des Schweißens schon vor Glaukos, der um das Jahr 700 v. Chr. lebte, bekannt gewesen. Unter „Löten" versteht man die Vereinigung zweier Stücke gleichen oder verschiedenen Metalls unter Anwendung des Feuers und unter Verwendung eines dritten Metalls, des sogenannten „Lotes". Beim „Schweißen" geschieht die Vereinigung zwar gleichfalls im Feuer, jedoch ohne Anwendung des dritten Metalls. Geschweißte Stücke, die aus dem Jahre 1490 v. Chr. stammen, sind bei den Ausgrabungen in Theben gefunden worden (Wilkinson II 258). Des weiteren befindet sich im Britischen Museum eine altägyptische Klapper, die aus pharaonischer Zeit stammt und mit Blei gelötet ist. Es ließ sich nicht genau ermitteln, wann sie hergestellt wurde, aber jedenfalls ist sie gleichfalls älter als die angeblich von Glaukos gefertigten Gegenstände. Des weiteren hat Schliemann Goldgefäße ausgegraben, die gleichfalls, und zwar mit Gold, gelötet sind. Aus alledem sowie aus verschiedenen anderen Funden geht hervor, daß das Löten sowohl wie das Schweißen eine uralte Technik darstellen. Wie die Untersuchungen, insbesondere des Hildesheimer Silberfundes, der aus der Zeit der julischen Kaiser stammt, ergeben haben, war damals bereits sowohl das Hartlöten wie auch das Weichlöten im Gebrauch. Das Weichlot besteht aus Zinn oder einer Zinnlegierung und ist leichtflüssig. Das Hartlot ist eine Kupferlegierung, meist von der Zusammensetzung der Bronze oder des Messings. Wieweit man diese beiden Arten von Loten zu Plinius' Zeiten verwendete, läßt sich aus seinen Schriften nicht erkennen, da er (nach Blümner) nur eine unklare Darstellung der Löttechnik gibt (XXXIII 94): „Für Gold dient Chrysokolla, für Eisen Tonerde, für massive Kupferstücke Galmei, für Kupferblech Alaun, für Blei mit Marmor Harz, für Blei mit Blei Zinn, für Zinn mit Zinn Öl und dasselbe für die Verbindung von Werkblei mit Bronze oder von Werkblei mit Silber". Es ist unmöglich, hier dem Gedankengange des Plinius zu folgen, der die Lote und die „Lötmittel", also jene Stoffe, die man beim Löten verwendet, um die Luft von der Lötstelle abzuhalten und dadurch Oxydationen zu vermeiden, einfach durcheinanderwirft. Als derartige „Lötmittel" ergeben sich aus der vorstehenden Stelle des Plinius die Tonerde, der Alaun und das Öl. Blei läßt sich mit Marmor überhaupt nicht verlöten. Das Harz diente wahrscheinlich gleichfalls als Lötmittel bei Bleilötungen sowie beim Ausgießen von Löchern in Marmor mit Blei. Dieses Ausgießen wurde sehr oft zu dem Zwecke vorgenommen, bronzene oder Eisenklammern im Marmor zu befestigen. „Chrysokolla" ist Malachit, also ein basisches Kupferkarbonat von der Formel $CuCO_3 Cu(OH)_2$, das wahrscheinlich nicht als Lot benutzt wurde, sondern

zur Herstellung eines Goldlotes diente, über dessen Bereitung uns Dioscorides (V 92) sowie Plinius nähere Angaben machen: Grünspan wird mit dem Urin eines Knaben in einem kupfernen Mörser vermengt. Dann wird noch Soda zugesetzt. Wahrscheinlich konnte man statt des Grünspans auch den ähnlich zusammengesetzten Malachit, also das „Chrysokolla", verwenden.

Grünspan ist ein basisches Kupferacetat von der Zusammensetzung $Cu(C_2H_3O_2)_2\,2\,Cu(OH_2)$, das sich unter dem Einfluß der Hitze in ähnlicher Weise zersetzt, wie der Malachit, so daß schließlich reines geschmolzenes Kupfer entstand, das die Vereinigung herbeiführte. In beiden Fällen bildet sich u. a. auch Kohlensäure bezw. Kohlenoxyd, die die zu vereinigenden Metallflächen vor Oxydation schützen.

Die von Plinius angegebene Verwendung des Galmeis als Lot erklärt sich dadurch, daß aus dieser Verbindung von Zink mit Kohlensäure im Kohlenfeuer reines Zink entstand, das dann mit dem zu lötenden Kupfer Messing ergab, so daß sich also ein Hartlot bildete. Ein beliebtes und viel gebrauchtes Lot war das Blei sowie seine Legierung mit Zinn. Auch reines Zinn wurde zum Löten von Edelmetallen verwendet (Hildesheimer Silberfund).

Die eigentliche Technik des Lötens dürfte sich von der heutigen wohl kaum unterschieden haben. Das Lötrohr, das zum Anblasen des Feuers diente, war wahrscheinlich schon den alten Ägyptern bekannt. Die römischen Goldschmiede benutzten es mit Bestimmtheit, ebenso stand auch der Lötkolben in Verwendung. (Abb. 53 und 54.)

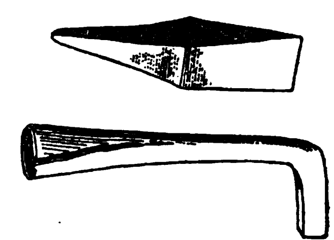


Abb. 53 u. 54. Römisches Lötrohr (?) und Lötkolben. Gefunden bei Chatelet in Frankreich.

Wo es sich darum handelte, Metalle mit anderem Material zu verbinden, verwendete man, soweit nicht das oben erwähnte Ausgießen mit Blei in Frage kam, Kitte, deren Zusammensetzung bis jetzt nur teilweise geklärt ist. So fand Rhousopoulus in einem Grabe von Mykenae goldene Rosetten, die mit einem manganhaltigen Kitt auf dem Holzdeckel des Sarges festgekittet waren. Ähnliche manganhaltige Kitte wurden noch mehrfach gefunden, so daß wohl irgendein Manganerz, wahrscheinlich der Braunstein, in altgriechischer Zeit einen viel gebrauchten Bestandteil derartiger Metallkitte gebildet haben dürfte.

Schmieden.

Wie bei uns, so spielte unter den verschiedenen Arten der mechanischen Metallbearbeitung auch schon im Altertum das Schmieden eine hervorragende Rolle; lieferte der Schmied doch auch damals schon einen großen Teil des für die Landwirtschaft, die Technik, das Haus, das Verkehrs- und das Kriegswesen nötigen Bedarfs. In älteren Zeiten war das zum Schmieden am meisten benutzte Metall die Bronze, neben der auch das reine Kupfer verwendet wurde. So fand Pater Scheil in Susa eine Schmiederechnung auf Terrakotta aus dem 30. Jahrhundert v. Chr. über Waffen aus Bronze. Später bildete das Eisen die Grundlage des Schmiedehandwerks. Ob und wieweit man bei der Bronze und beim Kupfer ein eigentliches „Schmieden" anwendete, d. h. ein Bearbeiten nach vorhergegangem Erweichen durch Erhitzen im Feuer, mag dahingestellt bleiben. Wahrscheinlich waren beide Arten der Bearbeitung,

die des Treibens im kalten und die des Schmiedens im erhitzten Zustande, gleichzeitig im Gebrauch, wenigstens läßt die Stelle im 18. Gesang der Ilias, die von der Herstellung der Wehr des Achilleus durch Hephästos handelt, darauf schließen, daß hier Bronze kalt und heiß bearbeitet sowie mit auf- oder eingelegten Verzierungen versehen wurde:

„Dieses gesagt, verließ er sie dort und ging in die Esse,
Wandt' in das Feuer die Bälg' und hieß sie mit Macht arbeiten.
Zwanzig bliesen zugleich der Blasebälg' in die Öfen,
Allerlei Hauch aussendend des glutanfachenden Windes,
Bald des Eilenden Werk zu beschleunigen, bald sich erholend,
Je nachdem es Hephästos befahl zur Vollendung der Arbeit.
Jener stellt' auf die Glut unbändiges Erz in den Tiegeln,
Auch gepriesenes Gold und Zinn und leuchtendes Silber,
Richtete dann auf den Block den Amboß, nahm mit der Rechten
Drauf den gewaltigen Hammer und nahm mit der Linken die Zange.
Erst nun formt' er den Schild, den ungeheuren und starken,
Ganz ausschmückend mit Kunst. Ihn umzog er mit schimmerndem Rande,
Dreifach und blank, und fügte das silberne schöne Gehenk an.
Aus fünf Schichten gedrängt war der Schild selbst; oben darauf nun
Bildet' er mancherlei Kunst mit erfindungsreichem Verstande."

Diese Beschreibung **Homers** gibt uns über die Technik des Schmiedens in sehr alter Zeit wichtige Aufschlüsse und zeigt vor allem, daß man damals bereits in der Hauptsache dieselben Geräte gebrauchte wie auch jetzt noch, nämlich **Blasebalg**, **Amboß**, **Hammer** und **Zange**. In der Tat scheint der **Blasebalg** eines der ältesten bei der Bearbeitung der Metalle in erhitztem Zustande gebräuchlichen Geräte gewesen zu sein, wird er doch sowohl auf den **altägyptischen** Tempelgemälden von **Karnak** (16. Jahrhundert v. Chr.) dargestellt wie auch in der Bibel erwähnt, wo es (Jeremias 6, 29) heißt: „Der Blasebalg ist verbrannt". Bei den **Römern** wird er gleichfalls vielfach erwähnt, wie z. B. bei **Plinius** (XXXIV 9): „Dies Erz macht man mittels Blasebalgs flüssig" und im **Virgil** (Äneis VIII 416), wo die Arbeit des Schmiedes geschildert wird:

„Über ihm donnert die Höhl' und aetnäische Kluft der Zyklopen,
Ganz durchbrannt von den Essen, und kräftige Schläg' auf den Amboß
Führen dem Ohr das Getös zurück; im Gewinde der Gänge
Zischen die Massen des Stahls, wild atmet die Glut in den Öfen:
Dort nun stieg vom Himmel herab der Gebieter des Feuers.
Allda schmiedeten Eisen in räumiger Kluft die Zyklopen,
Brontes, Steropes auch und mit nackenden Gliedern Pyrakmon".

Unter „Gewinde der Gänge" kann hier, vom technischen Standpunkt aus betrachtet, nur ein Blasebalg verstanden sein.

Wie sah nun der **Blasebalg** des Altertums aus? Die altägyptischen Darstellungen zeigen Säcke aus Haut, wahrscheinlich Ochsenhaut, die in ein Gestell eingebunden waren, damit sie sich nicht verrückten, und von denen vorne eine Windleitung, wahrscheinlich aus Bambusrohr, bis in die Nähe des Herdes ging. Hier war, um ein Anbrennen zu verhüten, eine Winddüse angesetzt. Der Arbeiter, der den Blasebald bediente, stand mit je einem Fuß auf einem solchen Sack und hatte in jeder Hand einen Strick, mit dem er ihn emporziehen konnte. Während er mit dem einen Fuße

den einen Balg niedertrat, lockerte er den anderen Fuß und zog mit der Hand den darunter befindlichen Balg in die Höhe. (Abb. 55 u. 24 Seite 27.) Es ist wahrscheinlich, daß der Blasebalg im gewöhnlichen Fächer einen Vorläufer gehabt hat, den man dazu benützte, das Feuer zu hellerer Glut zu entflammen. Ferner blies man in Ägypten das Feuer auch durch Blaseröhren mit dem Munde an. (Abb. 28 S. 34.) Auch später noch wurden die Blasebälge aus Tierhäuten hergestellt, die man zu Säcken zusammennähte. Horaz (Sat. I 4, 19) gibt an, daß man Ziegenfell (folles hircini) verwendete. Für größere Bälge wurden gegerbte Ochsenhäute (folles taurini) verwendet. Die kleineren Bälge sahen genau so aus wie unsere heutigen in Haushaltungen verwendeten und mit der Hand in Tätigkeit gesetzten Blasebälge. Sie hatten eine Luftklappe, ihr Gestell war aus Buchenholz, wahrscheinlich aber auch vielfach aus anderen Holzarten hergestellt (Cicero,

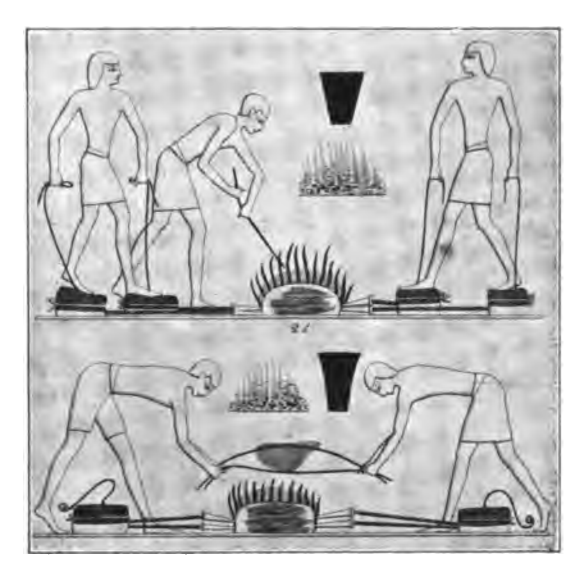


Abb. 55. Ägyptische Blasebälge.

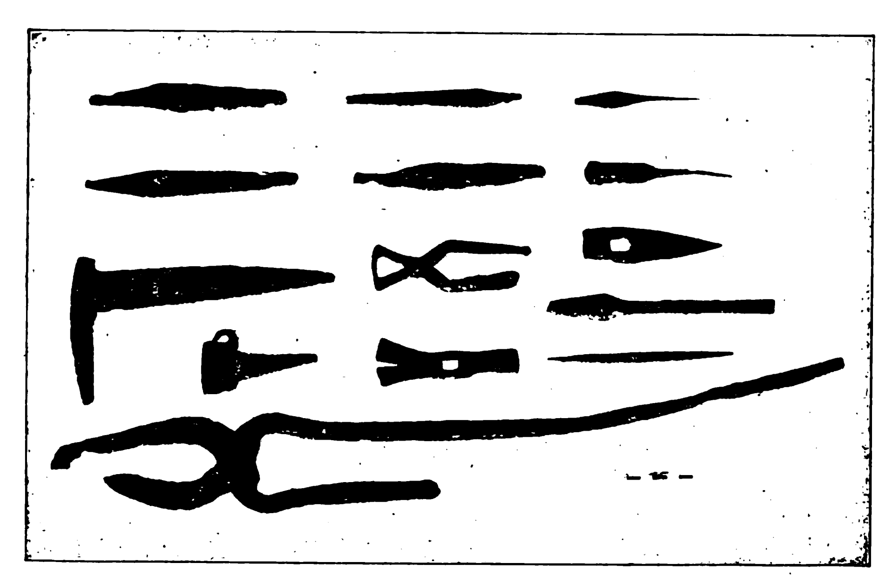


Abb. 56. Schmiedezangen, 2 Ambosse (linke Reihe, drittes und viertes Stück von oben), Hämmer, Feilen, Dorne und sonstiges römisches Schmiedewerkzeug. Provinzialmuseum Trier.

4*

Celsius V 11; Virgil, Georg. IV 171). Die größeren Bälge wurden mittels eines Hebels auf- und niedergezogen.

Der Amboß, der ebenso wie der Hammer und die Zange nach Plinius (VII 195) von Kinyras von Zypern erfunden worden sein soll, zeigt, wie die erhaltenen Abbildungen und Funde erkennen lassen, eine äußerst wechselnde Gestalt. Bald besteht er aus einem Block, bald sind drei Blöcke übereinandergestellt, bald steht auf einem Untersatz aus Holz der eigentliche eiserne Amboß, der mittels einer langen tief in das Holz hineinreichenden Spitze darin befestigt ist, bald hat das Metall des Ambosses viereckigen, bald wieder runden Querschnitt, bald ist es ausgekehlt, bald wieder gab man dem Amboß die Gestalt eines langen Hornes. In diesem letzteren Falle muß man annehmen, daß er zum Verschweißen von Rohren, also als sogenanntes „Rohreisen“ diente. Ein solcher Amboß wurde neben kleineren, die für feinere Arbeit dienen sollten, auf der Saalburg gefunden. Das Arbeitsteil der Ambosse bestand stets aus Eisen; die Oberfläche, die sogenannte „Bahn“, wurde gehärtet, was durch Verstählen geschah (Plinius XXXIV 41). Über die Hämmer ist ebenso wie über die Zangen nicht viel zu sagen: sie glichen ganz genau den heutigen Schmiedehämmern und Schmiedezangen und hatten, je nach dem Zwecke, dem sie dienen sollten, sehr verschiedenartige Gestalt. Die Abb. 56 (S. 51 unten) und die folgenden geben eine Anzahl derartiger Hämmer und Zangen wieder.



Abb. 57. Griechische Schmiedewerkstatt auf einer attischen Vase des 6. Jahrh. v. Chr. aus Orvieto.
Links der Schmiedeherd, oben geschmiedete Gegenstände und Werkzeuge, ein Krug und ein Schwert. Boston, Fine Arts Museum.

Das Schmieden selbst wurde, soweit das Erhitzen und Bearbeiten mit dem Hammer in Betracht kommt, in der gleichen Weise vorgenommen wie auch jetzt noch. Merkwürdig berührt es nur, daß der Schmied, der auf den uns erhaltenen altrömischen Darstellungen stets einen Vollbart trägt, während seine Gehilfen bartlos sind, vielfach im Sitzen gearbeitet zu haben scheint; wenigstens geben die eben erwähnten Darstellungen häufig Schmiede wieder, die vor dem Amboß sitzen und dabei den Hammer schwingen. Bei anderen Darstellungen steht der eigentliche Schmied, während der Gehilfe (ein Eros), der das Werkstück hält, sitzt. Man darf aus allen diesen Darstellungen wohl den Schluß ziehen, daß das Schmieden kleinerer Werkstücke, bei denen kein besonderer Kraftaufwand nötig war, im Sitzen erfolgte, während große Stücke im Stehen geschmiedet wurden. Das



Abb 58. Schmiedearbeit in der „Werkstatt des Hephästos“. Wandgemälde in Pompeji.

Ablöschen, d. h. das plötzliche Abschrecken des glühenden Eisens im kalten Wasser, um es zu härten, wird schon im Homer (Odyssee IX 391) erwähnt:

„Wie wenn ein kluger Schmied die Holzaxt oder das Schlichtbeil
Aus der Ess' in den kühlenden Trog, der sprudelnd emporbraust,
Wirft und härtet; denn dieses ersetzt die Kräfte des Eisens".

In der Tat schrieb man die beim Ablöschen des erhitzten Eisens im Wasser eintretende Härte eigenartigen Kräften zu. Auch hielt man manches Wasser für besse



Abb. 59. Messerschmied.



Abb. 60. Verkaufsladen eines Messerschmieds, der die verschiedenen Formen der durch Schmieden erhaltenen Messer erkennen läßt.

Abb. 59 und 60: Von einem Grabstein der Galeria lapidaria des Vatikan.

zum Härten geeignet als anderes, eine Ansicht, die vielleicht in der verschiedenen Temperatur der Gewässer ihren Grund hat: in einem aus einem sehr kalten Flusse



Abb. 61. Grobschmied.
Relief von einem Sarkophag in Rom.

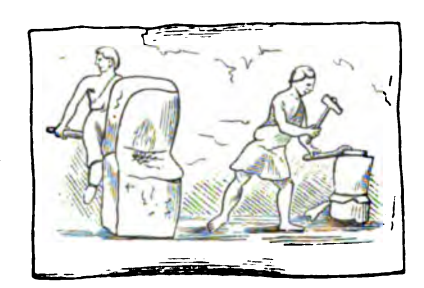


Abb. 62. Römische Schmiede.
Links wahrscheinlich Betätigung des Blasebalgs, auf dessen Hebel der Geselle sitzt. Grabstein im Museum des Lateran.

geschöpften und sofort zum Ablöschen verwendeten Wasser mußte der Stahl härter und spröder werden als in einem wärmeren, aus einem stehenden Teiche u. dgl. herrührenden. Wenn das kältere Wasser bei längerem Gebrauch in der Schmiede auch allmählich eine höhere Temperatur annahm, so mußte doch bei Beginn seiner

Verwendung der eben erwähnte Unterschied in der Härtung auffallen. Außer dem Wasser benutzte man noch verschiedene andere Härtungsmittel, wie z. B. das Blut von Böcken (Plinius XXVIII 148), den Urin von Knaben, wobei man insbesondere den von rothaarigen sehr schätzte, usw. usw. Ihre Wirkung darf als die von Kohlungsmitteln betrachtet werden, da sie ja sämtlich Kohlenstoff abgeben, der sich im Eisen löst und hier als sogenannter „Härtungskohlenstoff" wirkt. Auch Öl wurde verwendet, worin man, wie auch heute noch, feinere Werkzeuge u. dgl. ablöschte. Da Öl nur eine weiche Härte gibt, und da von Hippokrates und anderen eigens erwähnt wird, daß das Ablöschen in Öl den Zweck habe, das Springen bzw. Zerbrechen zu verhüten, so handelt es sich hier um ein Ablöschen zum Zwecke des



Abb. 63. Römischer Regimentsschmied mit Ambos, Hammer, Zange und Schmiedestück.
Grabstein im Museum zu Sens.

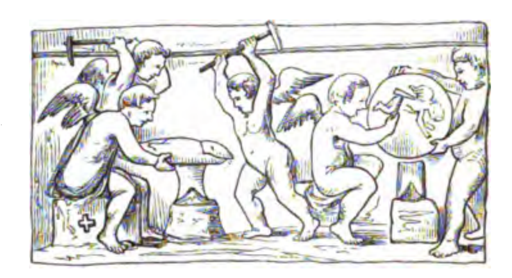


Abb. 64. Schmiedende Eroten.
Von einem römischen Sarkophag. [Links Bearbeitung einer Luppe.]

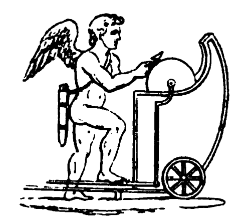


Abb. 65. Schleifstein.
Darstellung auf einer Gemme (Echtheit nicht sicher feststehend).

Anlassens, d. h. zum Zwecke, ein hartes Stahlstück auf der Oberfläche mit einer sehr dünnen, aber etwas weicheren Schicht zu überziehen, die, da sie eine geringere Sprödigkeit aufweist, das Zerspringen und Zerbrechen verhindert. Die Wirkung der beim Anlassen im Feuer jetzt eine so wichtige Rolle spielenden Anlauffarben scheint im Altertum nicht bekannt gewesen zu sein; hingegen verstand man es, Stahlspitzen und Stahlschneiden an schmiedeeiserne Waffen und Werkzeuge anzuschweißen.

Zur weiteren Bearbeitung des Schmiedestückes war die Werkstatt des Schmieds mit allen jenen Geräten ausgestattet, die wir auch heute noch darin zu sehen pflegen, also mit Schleifsteinen, die sich in der Form von den jetzigen nicht unterschieden haben dürften und wie diese durch Treten mit dem Fuß in Bewegung gesetzt wurden. Die verwendeten Steine kamen aus Kreta sowie aus Lakonien. Bei ihrer Verwendung

benutzte man Öl, während andere Schleifsteine (aus Naxos: Schmirgel?) mit Wasser befeuchtet wurden. Auch die **Feile** stand im Gebrauch, doch wurde sie verhältnismäßig weniger verwendet als bei uns; eine zugespitzte Vierkantfeile aus altrömischer Zeit hat man in **Aliso** ausgegraben. Zum Glätten der durch Schmieden erhaltenen Stücke benutzte man neben der weniger gebrauchten Feile in der Hauptsache samische Erde und Bocksblut.



Abb. 66. Verschiedene altrömische Schmiedestücke.

Wie die Art des Schmiedens, so waren auch die durch Schmiedearbeit erhaltenen Gegenstände vielfach den unseren ähnlich, so ähnlich, daß oft nur der Fundort Kunde gibt, ob ein neuzeitliches oder altrömisches Hufeisen vorliegt. Das Hufeisen hat sich aus dem Pferdeschuh (solea ferrea) der sogenannten „Hipposandale" entwickelt, die gleichfalls aus Eisen geschmiedet war, von der jedoch nicht feststeht, ob sie nicht vielleicht nur als Schutzmittel für hufkranke Pferde diente. **Jacobi** unterscheidet nach den auf der Saalburg gemachten Funden drei Arten, von denen die ältesten von ziemlich roher Arbeit sind und in den untersten Schichten liegen. Die Stärke des Eisens wächst im Laufe der Zeit, doch stoßen die genauen Feststellungen infolge der Abnutzung auf mancherlei Schwierigkeiten. Das in unserer Abbildung dargestellte Hufeisen gehört zur jüngsten Art und zeigt die vorgeschrittenste Ausführung. Diese Eisen



Abb. 67. Altrömisches Hufeisen.

sind kräftig gearbeitet, 10 bis 11 cm breit und 13 bis 14 cm lang. Sie enthalten 6 bis 8 Nagellöcher (jetzt bekanntlich 7: 4 bzw. 3 auf jedem Schenkel), die in Falzrinnen liegen. Vorne ist eine Verstärkung, der sogenannte „Griff", der wohl deshalb zuerst angebracht wurde, weil die Pferde beim Bergaufgehen hier die stärkste Abnutzung des Eisens bewirkten. Außerdem sind auch noch „Stollen" vorhanden, d. h. die beiden Enden der Schenkel sind umgebogen. Das Gewicht der Hufeisen schwankt in weiten Grenzen. Die leichtesten, die man fand, wiegen 122 g, die schwersten 443 g. Die an vielen Hufeisen befindlichen verschiedenartigen Stempel lassen darauf schließen, daß die Eisen fabrikmäßig hergestellt wurden.

Das Gießen der Metalle.

Ihre höchste Ausbildung erlangte die Metallbearbeitung des Altertums im Metallguß, der unter Verwendung verschiedenartiger Metalle, wie Blei, wahrscheinlich auch Zinn, Kupfer und vor allem Bronze ausgeführt wurde. Die Verwendung



Abb. 68. Form und Gegenform bzw. Gußstück beim Guß eines Reliefs
Deutsches Museum München.

von Gußeisen ist zwar mehrfach behauptet worden, jedoch nicht bewiesen. Die herrlichsten Kunstwerke wurden in Bronzeguß ausgeführt, der eine schon sehr alte Technik darstellt, deren Anfänge sich vollkommen im Dunkeln verlieren. Gewisse Anzeichen deuten darauf hin, daß seine Heimat vielleicht Indien gewesen ist, wo ja die Metalltechnik schon in den ältesten Zeiten in hoher Blüte stand. Zunächst wurde jedenfalls nur sogenannter „Vollguß" angefertigt, bei dem das Gußwerk durchweg aus Metall besteht und infolgedessen nicht nur ziemlich schwer ist, sondern auch größere Mengen von Material benötigt. Wie der Vollguß in Ägypten ausgeübt wurde, darüber gibt uns eine alte Darstellung aus der Zeit von etwa 1600 v. Chr. Kunde, die aus einem Tempel zu Karnak stammt, und in der der Guß einer bronzenen Tempeltür dargestellt ist. Die auf dem Boden stehende große Gußform besteht aus zwei Kasten (Kastenguß), die mit (jedenfalls angefeuchtetem) Sand gefüllt sind. Sklaven schleppen auf ihren Schultern Säcke mit derartigem Sand herbei und entleeren sie in der Gießerei.

In den Sand wird das vorher fertiggestellte Modell, das vielleicht aus Holz bestand, eingedrückt, und zwar mit der einen Seite in den einen, mit der anderen Seite in den anderen Kasten. Dann läßt man den Gußsand an der Luft trocknen und vereinigt hierauf die beiden Hälften des Gußkastens, der oben mit zahlreichen Öffnungen versehen ist, auf denen trichterförmige Aufsätze angebracht sind. Diese Aufsätze dienen als Eingußtrichter für das geschmolzene Erz sowie als Windpfeifen, durch welche die beim Eingießen des Erzes aus der Hohlform verdrängte Luft entweicht. Das Metall wird in Gußtiegeln geschmolzen, die zwischen zwei Stäbe geklemmt und so an die Eingußtrichter herangetragen werden (s. d. Darstellung in Abb. 55 S. 51 unten u. Abb. 69). Eine Zange, wie man sie jetzt zum Anfassen der Gußtiegel verwendet, scheint also nicht bekannt zu sein; die Vorrichtung ähnelt der „Rahmentrage", die ja jetzt gleichfalls zum Transport der Gußtiegel Anwendung findet. Durch Neigen des Gußtiegels ergießt sich das Metall in flackerndem Strahl in die Trichter und füllt die Hohlform an, in der es erkaltet. Dann wird der Gußkasten auseinandergenommen, in dem nunmehr der fertige Guß frei zutage liegt. Die beiden Tempeltüren (vielleicht



Abb. 69. Guß einer Tempeltür in Ägypten.

auch die Modelle dazu?) sind oben dargestellt. Man sieht an ihnen oben und unten deutlich die Zapfen für die Angeln, in denen sie sich drehen sollen. Die neben ihnen befindlichen Arbeiter scheinen, den Blaserohren und Feuerzangen zufolge, die sie in den Händen tragen, mit der Unterhaltung des unter den Gußtiegeln befindlichen Feuers betraut zu sein.

An die Stelle des Vollgusses trat später der Hohlguß, der aber ebenso wie der Guß überhaupt den Griechen in der Sagenzeit und den nachfolgenden Epochen noch nicht bekannt gewesen zu sein scheint, denn Homer spricht bei der Erzählung von der Anfertigung der Rüstungen seiner Helden immer nur von Schmiedearbeit, nie aber von Guß. In der Tat scheint man in sehr alter Zeit vielfach Geräte, Waffen usw., die man später durch Guß anfertigte, auf andere Weise hergestellt zu haben. So hat, um nur ein Beispiel anzuführen, Morgan bei Ausgrabungen auf der Akropolis von Susa, der alten Hauptstadt der Perserkönige, einen Wurfspieß gefunden, der nicht durch Guß, sondern durch kräftige Drehung einer drei bis vier Millimeter dicken und durch Aushämmern entstandenen bronzenen Platte hergestellt war, wie die Rich-

tung der in ihm befindlichen Risse deutlich beweist. Es ist wahrscheinlich, daß zwei Samier, Rhoikos und Theodoros, zwar nicht, wie die Griechen behaupten, den Erzguß erfunden, wohl aber ihn — vielleicht um 650 v. Chr. — von Kleinasien nach Griechenland gebracht haben. Man hat zwar schon aus früherer Zeit kleine Formen aus Stein gefunden, wie z. B. Schliemann bei seinen mykenischen Ausgrabungen, die man für Gußformen hielt; doch handelt es sich hier wahrscheinlich um Formen, die zum Treiben von Metallen dienten. Daß aber Steinformen tatsächlich für Vollguß Verwendung fanden, beweisen verschiedene vorgeschichtliche Funde (Abb. 73). Derartige Formen boten den Vorteil, daß sie nach dem Guß nicht zerschlagen wurden, sondern oft benutzt werden konnten. Rhoikos und Theodoros schufen bereits Werke von großen Abmessungen, wobei sie das Wachsausschmelzverfahren zur Anwendung brachten, das auch in der Folgezeit das am meisten angewendete Gußverfahren geblieben ist. Dieses Wachsausschmelzverfahren läßt sich auch schon an sehr



Abb. 70. Ägyptischer Handspiegel in 2 Stücken aus Bronze gegossen.
Die beiden Stücke (Griff und Spiegel) sind nach dem Guß durchbohrt und durch Vernieten miteinander vereinigt worden. Der Spiegel selbst ist vergoldet. Auf der Rückseite Papyrusdolden durch Gravierung angegeben. Länge 30,5 cm. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 71. Ägyptischer Massivguß in Edelmetall: goldener Henkel in Gestalt eines Wildstiers (an einer silbernen Kanne).
Die Falten am Hals gegossen, die am Leib graviert.
Länge 11 cm.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 72. Ägyptischer Hohlguß.
Bronzefigur der Buto, löwenköpfig mit Sonnenscheibe auf einem Thron sitzend. Augen aus Gold. Vielfach graviert.
Höhe 75 cm. Aus Sais.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 73. Vorgeschichtl. Steinformen zum Gießen einfacher Gegenstände (Meißel) in Vollguß. Deutsch. Museum München.

alten ägyptischen Bronzearbeiten nachweisen; zeigt sich doch nach Entfernung der oft sehr dicken Patinaschicht, daß der Guß die Wiedergabe eines aus weicher Masse angefertigten Modells darstellt, und daß die Feinheiten nicht erst nachher in die Gußmasse hineingebracht wurden. Nur am Einlauf und an Fehlerstellen finden sich Spuren der Nachbearbeitung durch Meißel oder Feile. Der Guß ist äußerst dünnwandig, so daß ein Kern vorhanden gewesen sein mußte, der die Gußform nahezu ausfüllte und zwischen sich und ihrer Innenseite nur äußerst wenig Raum freiließ. Dieser sehr schmale Raum wurde dann durch das Metall gefüllt. Wie dünn man im Altertume zu gießen verstand, dafür dient neben vielen anderen



Abb. 74. Ägyptische Bronzen in Voll- und Hohlguß.
Deutsches Museum München.

Beispielen der „betende Knabe" im Berliner Museum als Beweis, der bequem von einem einzigen Manne getragen werden kann. Eine in München in der Glyptothek stehende, im Jahre 1834 in Vulci gefundene Statue der Hera[1]) wiegt trotz ihrer Größe von 1,77 m noch nicht 50 kg (Abb. 77 S. 60); eine neuzeitliche Erzstatue gleicher Größe hätte ungefähr das zehnfache Gewicht. Einzelne Teile sind so dünn, daß sie den Eindruck machen, als wären sie getrieben, was jedoch genauen Untersuchungen zufolge nicht der Fall ist. Man goß derartige Bildwerke meist in mehreren Einzelteilen, die man dann so geschickt zusammenfügte, daß die Verbindungsstellen überhaupt nicht bemerkbar sind.

Die Herstellung des Gusses geschah in der Weise, daß man zunächst einen Kern aus Lehm, Ziegelmehl und ähnlichem feinen Material herstellte, der um die Dicke der Wandstärke, die das anzufertigende Gußstück haben sollte, kleiner war als dieses

[1]) Diese angebliche „Hera" wird neueren archäologischen Forschungen zufolge jetzt als „Spinnerin" bezeichnet.

selbst. Dieser Kern wurde mit einer Wachsschicht umhüllt, die der Künstler als Modell benutzte. Er arbeitete mit seinen Modellierhölzern, die den heutigen glichen, das Wachs auf das sorgfältigste durch und stellte so das Urbild des zu gießenden Kunstwerkes her. Dann nahm man dünne Metallstifte und drückte oder hämmerte sie durch die Wachsschicht hindurch bis in den Kern hinein. Sie hatten den Zweck, die auf das Wachs aufzubringende Gußform, den „Mantel", nach dem Ausschmelzen der Wachsschicht in richtiger Entfernung vom Kerne zu halten. Ihre Oberfläche mußte deshalb mit der Oberfläche des Wachses abschneiden. Des weiteren brachte man an verschiedenen Stellen der Wachsschicht Wachsstäbe an, die alle möglichst gerade nach oben führten und sich über dem höchsten Punkte des Wachsmodells zu einer dicken Wachstrommel vereinigten. Dann wurde das Ganze auf das sorgfältigste in feinsten Ton oder in ein Gemenge von Ton und Ziegelmehl eingehüllt, worauf schließlich eine Packung von dickem Lehm kam, der unter Umständen noch eingemauert oder, ebenso wie das Mauerwerk, durch eiserne Bänder zusammengehalten wurde. Nach dem Trocknen des Lehms schmolz man das Wachs aus, wodurch die zur Aufnahme des Metalls nötige Hohlform entstand. Die Wachsstangen, die man vorher angebracht hatte, schmolzen gleichfalls aus; an ihrer Stelle bildeten sich Kanäle, durch die die





Abb. 75 und 76. Griechische Gießerwerkstätte.
Links oben der Schmelzofen, dessen obere Öffnung mit einem Steine (?) bedeckt ist, der vielleicht zur Regelung der Hitze dient; vorne die Heizöffnung. Dahinter ein Gehilfe, der wahrscheinlich den Blasebalg bedient. Rechts oben eine geöffnete Form, aus der der Guß entnommen wird. Unten in der Mitte ein fertiger Guß (Krieger) in einem Holzgestell, der ziseliert und nachgearbeitet wird. An den Wänden Zeichnungen, Treibhämmer, Säge, Gußteile (Füße), Ziselierwerkzeuge usw. Sonst noch Gesellen und Zuschauer. Rotfigurige attische Vase. Erstes Drittel des 5. Jahrh. v. Chr.
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.



Abb. 77. Statue der „Hera" oder „Spinnerin".
1834 in Vulci gefunden.
Höhe 1,77 m, Gewicht 50 kg.
Glyptothek München.

geschmolzene Bronze in den Hohlraum hineinlief. Die Wachstrommel diente als Einguß. Einige Kanäle, die sich nicht vereinigten, sondern frei nach oben hinausführten, ermöglichten der durch das einströmende Metall verdrängten Luft das Entweichen (Windpfeifen).

Nach dem Erkalten des Metalls zerschlug man den Mantel und hob das Gußstück vom Kern ab, bzw. man entfernte den letzteren gleichfalls durch Zertrümmern, sofern dies angesichts der Gestalt des Gußstückes nötig war. Dann wurden die durch Ausfüllung der Kanäle entstandenen Ansätze abgemeißelt und abgefeilt und alle sonstigen auf der Oberfläche vorhandenen Unebenheiten geglättet. Damit war das Gußstück fertig.

In gleicher Weise gossen auch die Römer, die meist die eben beschriebene Art des Hohlgusses mit „verlorener Form" bevorzugten, bei kleineren Arbeiten aber gleichfalls den Massivguß zur Anwendung brachten. Besonders schöne Erzeugnisse des altgriechischen und altrömischen Massivgusses, wie der Metallbearbeitung überhaupt, sind die Spiegel, flache Scheiben aus Bronze, deren eine Seite vorzüglich poliert, und die mit kunstvollen Handgriffen, schönen auf der Rückseite eingravierten Darstellungen, hübschen Verzierungen usw. versehen waren. Spätere Spiegel sind auch mit einer dünnen Silberschicht überzogen, oder die polierte Bronzeplatte ist auf eine Unterlage aufgekittet, auch wird sie, um das Verkratzen zu verhüten, in eine Art von Schachtel eingeschlossen, die mit einem in einem Scharnier drehbaren Deckel versehen ist.



Abb. 78. Die Wölfin mit Romulus und Remus. Etruskische Bronze (Hohlguß). Kapitolinisches Museum, Rom.

Als eine besondere Art des Gusses bildete sich insbesondere in der römischen Kaiserzeit der Guß von Münzen aus, der zwar auch in den Münzstätten Verwendung findet, jedoch hauptsächlich von Falschmünzern, die in jener Zeit äußerst zahlreich waren, ausgeübt wird. Man drückte einfach eine echte Münz in Ton ab, wobei man zwei aufeinanderpassende in ein rundes Kästchen gelegte Tonscheiben verwendete. Dann ließ man den Ton trocknen und glühte ihn leicht im Feuer. Schon vorher waren die beiden Tonscheiben, von denen jede nunmehr einen vertieften Abdruck je einer Münzseite enthielt, genau aufeinandergepaßt und oben mit je einem dreieckigen Einschnitt versehen worden, der als Eingußöffnung diente. Nach dem Brennen legte man sie aufeinander, wobei man, um sich die Arbeit zu erleichtern, oft eine ganze Batterie derartiger Münzformen nebeneinander anbrachte, die man, damit sie während des Gusses gut beisammenblieben, mit Lehm umhüllte. Hierauf wurde das Metall eingegossen. Nach dem Erkalten nahm man die Formen auseinander und bearbeitete das falsche Geld durch Entfernung des an der Eingußstelle sitzenden Gußzapfens, Glätten des Randes usw. usw. (Abb. 83—86 S. 63 oben).

Schon vor der Entwicklung der griechischen und römischen Bronzetechnik hatte sich im Norden, bei den angeblichen „Barbaren“, eine Blütezeit der Bronzetechnik entwickelt, die in der sogenannten, um 400 v. Chr. beginnenden La Tène-Periode ihre höchste Ausbildung erreicht, gleichzeitig aber von dem nunmehr auftauchenden Eisen in den Hintergrund gedrängt wird. Wenn es sich hier auch um vorgeschichtliche Funde handelt, deren Besprechung nicht in den Rahmen dieses Buches gehört, so sei doch erwähnt, daß die oft sehr schön gearbeiteten Gefäße jener Zeit in Lehm vorgearbeitet wurden, der auf dem Kern aufgetragen war. Auf dem Lehm wurde der Mantel angebracht, den man zerschnitt, um ihn abnehmen zu können. Der nach dem Abnehmen wieder zusammengefügte Mantel wurde durch Einbetten in Lehm für den Guß gefestigt. Hierauf konnte man das Lehmmodell vom Kern entfernen, das ja nicht, wie das Wachsmodell, ausgeschmolzen werden konnte.



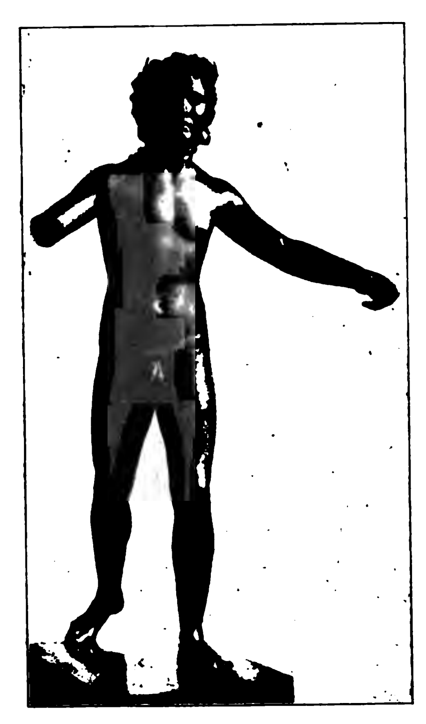




Abb. 79—81. Beispiele für Hohlguß. Berliner Museum, Antiquarium.

Der Guß geschah dann in ähnlicher Weise durch Einlaufenlassen des Metalls in den Zwischenraum zwischen Kern und Mantel, wie es oben geschildert wurde.



Abb. 82. Griechischer Klappspiegel mit aufgelötetem Scharnier,
das auch als Handgriff dient, und unten mittelst durchgetriebener Ösen befestigtem beweglichen Ringstück zum Aufhängen. Mit Darstellung der Skylla. 4.—3. Jahrh. v. Chr.
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.




Abb. 83 u. 84. Die beiden Hälften einer römischen Falschmünzer-Gußform aus leicht gebranntem Ton.
Oben die eingeschnittene Eingußöffnung. Natürliche Größe. Sammlung Dr. Cahn, Frankfurt a. M.




Abb. 85 u. 86. Die beiden Hälften einer römischen Falschmünzer-Gußform mit eingeschnittener Einlauföffnung.
Gebrannter Ton. Sehr scharfer Abdruck. Natürliche Größe. Sammlung Dr. Cahn, Frankfurt a. M.

Die chemische Metallbearbeitung und die Metallfärbung.

Zu den vorstehend besprochenen Arten der mechanischen ohne und mit Verwendung des Feuers vorgenommenen Metallbearbeilung gesellte sich dann noch die chemische Bearbeitung der Metalle, die in erster Linie darauf abzielte, den Metallgegenständen eine bestimmte Farbe zu verleihen. Dies geschah entweder auf natürlichem Wege, d. h. dadurch, daß man, insbesondere bei Legierungen, die Metalle in einer ganz bestimmten Weise mischte, um eine bestimmte Tönung zu erzielen, oder aber auf künstlichem Wege, d. h. durch Vornahme einer besonderen Metallfärbung. Ein Beispiel für das erstere Verfahren bilden das „Elektron", ferner das „korinthische Erz", die Bronze usw. usw., denen man durch entsprechende Veränderung ihrer Zusammensetzung verschiedenartige Färbungen zu geben verstand. So kannte man drei Arten von „korinthischem Erz", einer Bronzesorte, die auch in weißlicher und goldgelber Farbe hergestellt wurde, was man durch angeblichen Zu-



Abb. 87. Römisches Niello.
Silberbecher mit in Niello ausgeführten Epheuranken aus dem Hildesheimer Silberfund. Berlin, Altes Museum, Antiquarum.

satz von mehr Silber oder Gold zum Kupfer oder zur Bronze erreichte; tatsächlich fand man derartige gold- und silberhaltige Bronzen von besonders schöner Farbe. Auch leberfarbige Bronzen (χαλκὸς ἡπατίζων) kamen vor. Die künstliche Metallfärbung wurde nach verschiedenen Verfahren ausgeübt. Man färbte die Oberfläche des Silbers durch Überstreichen mit Auripigment[1]) golden, die des Kupfers durch Be-

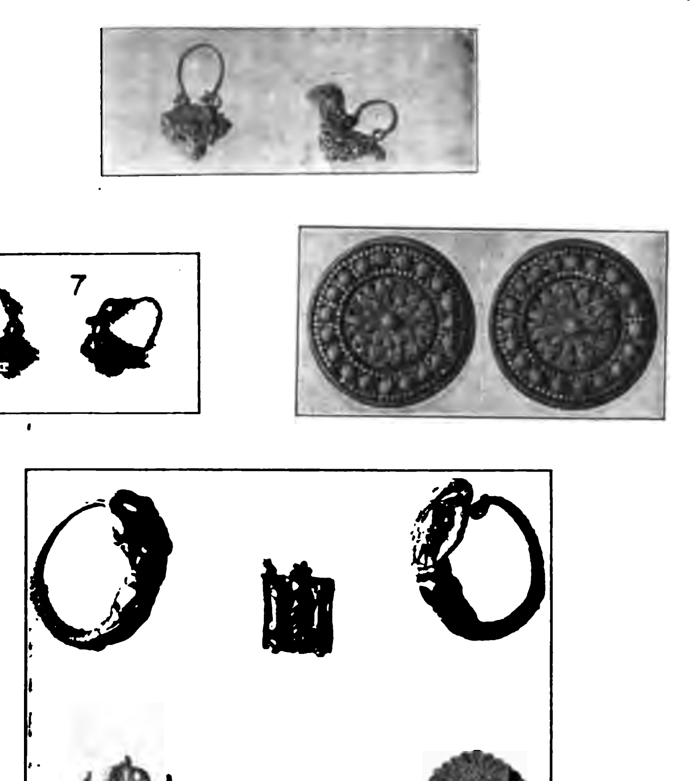


Abb. 88—91. Römische Filigranarbeiten.
Ohrringe, Zierknöpfe, Fibeln usw., teilweise getrieben und dann mit aufgelötetem Golddraht verziert.
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

handeln mit Quecksilber silbern. Stark legierte Goldmünzen wurden mit einer Mischung von Kochsalz, entwässertem Eisenvitriol und Ziegelmehl zur schwachen Rotglut erhitzt. Hierbei schmilzt das entstandene Chlorsilber und zieht sich in das Ziegelmehl, wodurch die Münzoberfläche das Aussehen von reinem Gold erhält. Zu diesen Verfahren kommen die eigentlichen Verfahren des Vergoldens oder Versilberns mit Blattgold und Blattsilber[2]), ferner das der Feuervergoldung mit Hilfe von

[1]) Schwefelarsen As_2S_3.
[2]) Siehe Seite 33ff.

Goldamalgam, das bereits von verschiedenen römischen Schriftstellern (Vitruvius VII 8, 4; Isidorus Origg. 19, 2; Plinius XXXIII, 64) genau so beschrieben wird, wie man es heute noch ausübt; das schon in vorgeschichtlicher Zeit bekannte Verzinnen, das durch Eintauchen in geschmolzenes Zinn bewirkt wurde und das z. B. die Gallier so vortrefflich auszuüben verstanden, daß man die verzinnten Gegenstände von silbernen nicht unterscheiden konnte. Die Ägypter tauchten die aus dem Guß kommenden und noch nicht abgekühlten Bronzen in geschmolzene Harze, wodurch sie auf der Oberfläche entsprechend abgetönt wurden. Ebenso kannten die Ägypter bereits das Schwarzfärben des Silbers, die Herstellung des „Niello“, das sie nach Plinius (XXXIII 46) dadurch erzielten, daß sie gleiche Teile Silber, Kupfer und

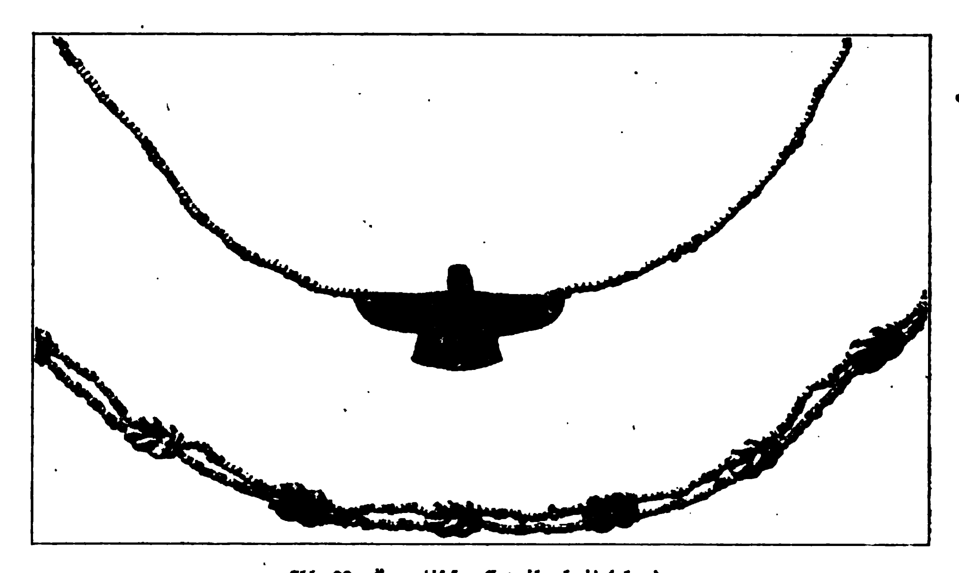


Abb. 92. Ägyptische Emailarbeit (oben).
An der Kette hängt ein Seelenvogel aus Gold mit Menschenkopf. Die Emaileinlagen der Federn und des Kopfes (hellblau und schwarz, teilweise herausgefallen) befinden sich in Zellen (sog. Zellenemail). Flügelbreite 4,3 cm. Unten: Kette aus zwei Schnüren kleiner Perlen aus Gold, Lapislazuli und Carneol bestehend, die durch 27 Knoten aus Gold, Lapislazuli, Carneol, Feldspat und glasiertem Ton zusammengehalten werden.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

überschüssigen Schwefel zusammenschmolzen. Man kennt mehrfach derartige mit Niello versehene ägyptische Gegenstände, so z. B. eine in Ungarn gefundene Vase, ferner eine in Korinth befindliche große ägyptische aufs feinste niellierte Silberplatte, eine Fibel im k. k. Münz- und Antiquitätenkabinett zu Wien, die zierlich in das Gold eingegrabene Ornamente zeigt, die mit einer nielloartigen Masse ausgefüllt sind usw. usw.

Das ägyptische Niello, dessen Alter z. T. auf 3000 Jahre geschätzt wird, enthält kompakte Schichten, die selbst teilweise wieder mit Einlagen versehen sind, beim römischen Niello hingegen handelt es sich meist nur um dünne Schichten. Es scheint, daß das älteste ägyptische Niello ausschließlich auf Gold gearbeitet ist, und daß man erst später Niello auf Silber herstellte.

Bei den Römern wird das Niello durch Zusammenschmelzen von Silber, Kupfer und Blei mit Schwefel erhalten. Die nach dem Erkalten fein gestoßene, durch die entstandenen Sulfide schwarz gefärbte Masse wird, mit Borax vermischt, über

glühenden Kohlen auf das vorher mit Gravierungen versehene Silber und Gold aufgeschmolzen. Nach dem Reinigen und Polieren erscheint der Metallgrund, in dem die Vertiefungen durch das Niello schwarz gefärbt sind. Eine Vorschrift des Plinius zur Erzeugung von Niello lautet: 3 Teile Silber, 1 Teil Kupfer und 3 Teile Schwefel. (Abb. 87 S. 63 unten.)

Besondere Techniken der Metallbearbeitung.

Anschließend an die vorstehend beschriebenen Arten der Metallbehandlung seien noch einige weitere beschrieben, die sich in die von uns gewählte Anordnung nicht einreihen lassen, die aber im Altertume gleichfalls eine bedeutende Rolle spiel-

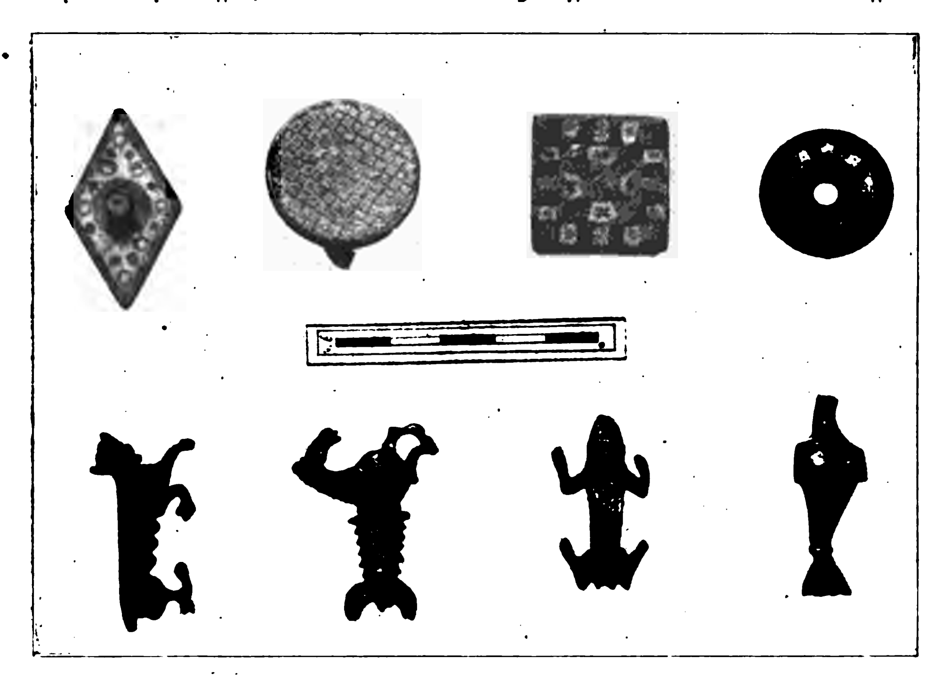


Abb. 93. Römische Emailarbeiten.
Bronzen mit verschiedenfarbigem Email (obere Reihe zweiter und vierter Zierknopf von links blau und weiß, die übrigen Gegenstände in den verschiedensten Farben; der dritte Zierknopf von links in der oberen Reihe enthält fast alle Farben.
Provinzialmuseum Trier.

ten. Es handelt sich hier um Techniken, die hauptsächlich in den Handwerksbereich des Goldschmiedes fallen, der überhaupt ein in mancherlei Fertigkeiten sehr erfahrener Mann war und fast alle die bereits erwähnten Arten der Metallbearbeitung praktisch ausübte. Er verstand die Treibarbeit, wußte zu legieren, Metalle zu färben, goß kleinere Gegenstände aus Edelmetallen in besonderen Öfen usw. usw. Hierzu kamen noch einige besondere technische Fertigkeiten, unter denen zunächst die Goldelfenbeintechnik erwähnt sei. Diese Art der Technik wurde übrigens auch von Bildhauern ausgeübt. Die Goldelfenbein- oder „chryselephantine" Technik besteht darin, daß man einzelne Teile von Statuen, insbesondere die nackten, von

Elfenbein, alles übrige aber von reich emailliertem Gold herstellte. Zunächst war es eine heute rätselhafte Kunst, Elfenbeinplatten so zusammenzufügen, daß man keine Fugen bemerkte, und daß auch die durch die Unterschiede der Außentemperatur bewirkten Größenänderungen der Platten keine solchen entstehen ließen. Dann aber erweichte man die Elfenbeinplatten und formte sie; wie, ist unbekannt. Hierzu kam dann die reiche Verwendung von Gold und Emaillierung.

Eine weitere, speziell dem Goldschmied eigene Technik war das Filigranieren (Abb. 88—91 S. 64), das wohl in Ägypten schon üblich war und sich insbesondere in Griechenland einbürgerte, später mit den Römern sogar nach Germanien kam, wo es allerdings niemals in sehr hoher Blüte stand. Das Filigranieren besteht im Auflöten von Goldfäden auf Schmuck aus Edelmetall, wodurch oft Kunstwerke von äußerster Feinheit entstehen.

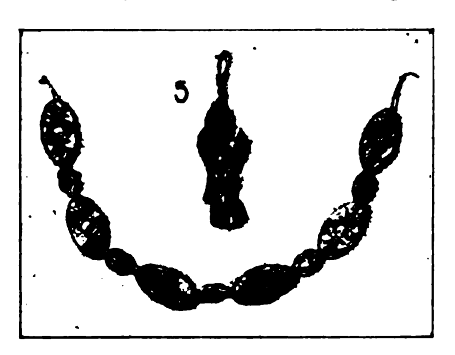


Abb. 94. Römisches Zellenemail.
Die unten abgebildete, aus Goldblech hergestellte Kette ist durch Auflöten von Golddraht (Filigranieren) in Zellen geteilt, die teilweise mit Steinen, teilweise mit Email gefüllt wurden. (Nur noch teilweise gefüllt.)
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

Des weiteren verwendet man zur Verzierung von Schmucksachen das Emaillieren. (Abb. 92—94 S. 65—67.) Nach heutiger Auffassung wird Ägypten als das Ursprungsland der Emaillierkunst angesehen, obschon manche Persien dafür ansprachen, das diese Kunst gleichfalls schon in sehr früher Zeit kannte. Das Email (Glasschmelz) für Edelmetalle wurde in derselben Weise hergestellt wie das für Tonwaren und unterscheidet sich in chemischer Beziehung nicht von diesem (siehe in den Abschnitten: Glas und Keramik). Die Herstellung des Emails ist ein Zweig der antiken Technik, der unter mancherlei Unvollkommenheiten leidet, die erst später mit zunehmender chemischer und physikalischer Erkenntnis behoben werden konnten. Soll nämlich das Email, das auf Metall oder in seine Zellen eingeschmolzen wird, fest sitzen, so müssen die durch die Veränderung der Temperatur bewirkten Ausdehnungen und Zusammenziehungen des Metalls und des Emails gleichmäßig erfolgen. Beide müssen, physikalisch gesprochen, den gleichen „Ausdehnungskoeffizienten" besitzen. Sobald sich das eine stärker ausdehnt oder zusammenzieht als das andere, tritt zunächst eine Lockerung und allmählich ein Abspringen ein oder das Email wird durch den Druck des sich zusammenziehenden Metalls derart gepreßt, daß es Risse



Abb. 95. Ägyptische Tauschierungsarbeit.
Bronzefigur der Göttin Neith. Auf dem Kopfe die unterägyptische Krone. Halskragen, Augen und Krone mit Gold eingelegt (tauschiert). Höhe 15,8 cm.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 96. Eroten als Goldschmiede.

Die verschiedenen Arbeiten in der Werkstatt eines römischen Goldschmieds. Von links nach rechts: Treiben (wahrscheinlich Herstellung von Zainen aus Goldklumpen) mit schwerem Hammer[1]), Abwiegen, Feintreiben (mit leichterem Hammer), Schmelzen im Tiegel oder Aufschmelzen bzw. Auflöten von Verzierungen oder dgl. unter Verwendung eines Blasrohres zum Anfachen und Regeln des Feuers in einem Herd, schließlich Nacharbeiten eines fertigen Gegenstandes mit dem Ziselierhammer (?); (die Form des Hammers, dessen Bär angedeutet und erkennbar ist, läßt sich am Original in Pompeji nicht mehr deutlich genug ersehen, um daraus Schlüsse auf die Art des Hammers zu ziehen. Der Hammerbär scheint unten spitz, oben rund zu sein.) Farbiges Wandgemälde im Hause der Vettier in Pompeji.

und Sprünge bekommt. Bei Verwendung verschiedenfarbiger Gläser müssen ihre Schmelzpunkte entweder die gleichen sein, oder doch sehr nahe beieinander liegen. Sonst ist das eine Glas schon geschmolzen, während die anderen noch nicht zu sintern begonnen haben. Erhitzt man aber bis zum Schmelzpunkt der am schwersten schmelzbaren farbigen Schmelzflüsse, so ist die Temperatur oft so hoch, daß sich dabei die leichter schmelzbaren verändern, ihre Farbe verlieren oder sich zersetzen, trübe werden usw. Während man allen diesen Tatsachen jetzt Rechnung zu tragen versteht und in besonderen Fällen zwischen Metall und Schmelzfluß noch eine besondere Emailschicht, das sogenannte „Kontreemail" anbringt, das eine etwa vorhandene verschiedenartige Ausdehnung ausgleicht, stand man im Altertum allen diesen schwierigen Fragen ratlos gegenüber. Infolgedessen gibt es verhältnismäßig wenig gut erhaltene Emailarbeiten aus jener Zeit, insbesondere ist die Emailschicht meist abgesprungen bezw. aus den Zellen des Zellenemails herausgefallen.

Endlich sei noch des Tauschierens gedacht. Tauschierte Gegenstände kommen schon in den ältesten Zeiten vor. Man kennt assyrische Bronzeplatten mit eingelegten Silberverzierungen, einen tauschierten Diskus aus Epirus, Bronzegeräte aus Pompeji usw. usw. In den fränkischen und alemannischen Gräbern werden ganz besonders häufig tauschierte Gegenstände gefunden. Die Tauschierung geschah in zweierlei Weise: entweder rauhte man das zu verzierende Metall mit dem Rauhhammer auf und belegte die so geschaffene rauhe Fläche mit einer dünnen

[1]) Die Annahme von Mau (Pompeji in Leben und Kunst 1900), daß der eine Arbeiter „möglichst weit entfernt stehe, damit ihn die abspringenden Funken nicht treffen", ist wohl nicht zutreffend, da Gold auch im Altertum sicherlich stets kalt und nicht (wie Eisen) heiß gehämmert wurde.

Schicht von Gold oder Silber, das darauf leicht haftete, oder aber man spaltete das Metall, insbesondere das Eisen, bis zu einer gewissen Tiefe auf. Dann wurde anderes Metall in die so entstandene Öffnung eingelegt und das Ganze wieder — wahrscheinlich kalt — mit dem Schmiedehammer bearbeitet.

Literatur zum Abschnitt: „Die Bearbeitung der Metalle".

Beck, Die Geschichte des Eisens. 1. Band. Braunschweig 1891.

— Urkundliches zur Geschichte der Eisengießerei. Jahrb. d. Vereins deutscher Ingenieure. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Band II.

Beckmann, Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Leipzig 1783—1805.

Bergner, Natürliche und künstliche Schleifmittel. Gießerei-Zeitung 1914, Nr. 4, S. 113.

Berthelot, Archéologie et histoire des sciences. Paris 1906.

— Die Chemie im Altertum und Mittelalter. Leipzig und Wien 1909.

— Quelques métaux trouvés dans les fouilles archéologiques en Egypte. Comptes rendus 1905, S. 183.

Blümner, Technische Probleme aus Kunst- und Handwerk der Alten. Berlin 1877.

— Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Leipzig 1887. 4. Band.

Blr. H., Homer und die Wirklichkeit. Eine Entgegnung. Neue Zürcher Zeitung 1915. 2. September.

Bröndstedt, Die Bronzen von Siris. Kopenhagen 1837.

Bucher, Geschichte der technischen Künste. Stuttgart 1875—93.

Buchner, Die Metallfärbung und deren Ausführung. Berlin 1910.

— Metallfärbungen an Legierungen. Elektrochemische Zeitschrift 1910, S. 207.

Clarac, Musée de sculpture antique et moderne. Paris 1841.

v. Cohausen, Römischer Schmelzschmuck. Wiesbaden 1873.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Daremberg et Saglio, Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines. Paris 1874—1917.

Diels, Antike Chemie in: Diels, Antike Technik. Leipzig und Berlin 1911.

Donner v. Richter, Die Heddernheimer Helme, die etruskischen und der griechische Helm des Frankfurter Museums. Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim. Heft I. Frankfurt a. M. 1894.

Frey, Homer und die Wirklichkeit. Neue Züricher Zeitung 1915, 18. August.

Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museums Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.

— kurzer, durch das Provinzialmuseum in Trier. 1911.

Furtwängler, Bronzefunde aus Olympia. Abhandlungen der Berl. Akademie 1879.

Grünwald, Beiträge zu der Geschichte des Emails und der modernen Emailliertechnik. Archiv f. Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1909 S. 124.

Halke, Handwörterbuch der Münzkunde. Berlin 1909.

Hanemann, Metallographische Untersuchungen einiger altkeltischer und antiker Eisenfunde. Internationale Zeitschrift für Metallographie 1913, S. 248.

Head, Historia Nummorum. Oxford 1911.

Herodot, Geschichten, Buch 1, 92—94.

Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.

Klein, Schwert des Tiberius. Mainz 1850.

Kossinna, Die deutsche Vorgeschichte. Würzburg 1914.

— Der germanische Goldreichtum in der Bronzezeit. Würzburg 1914.

Krause, Niello. Elektrochemische Zeitschr. 1912, S. 86 u. 116.

Lehnert, Illustrierte Geschichte des Kunstgewerbes. Berlin.

Lepsius, Die Metalle in den ägyptischen Inschriften. Berlin 1872.

v. Lippmann, Chemisches aus dem Papyrus Ebers. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.

— Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

— Chemische Papyri des 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.

Lorck, Einiges vom Bronzeguß. Leipzig.
Mansch, Antike technische Probleme in Kunst und Handwerk. Welt d. Technik 1911, S. 142.
— Der Werdegang eines Bronzegusses. Welt der Technik 1904, S. 213.
— Die Anfänge der Bleikultur. Welt der Technik 1909, S. 322.
Maspero, Ägyptische Kunstgeschichte. Deutsche Ausgabe von Georg Steindorff. Leipzig 1889.
Mémoire publié par les membres de la mission archéologique au Caire 1881 bis 1884.
Miske, Die Bedeutung Velem St. Veits (Ungarn) als prähistorische Gußstätte mit Berücksichtigung der Antimonbronzefrage. Archiv für Anthropologie 1904, Band II, S. 124.
Mosso, Le armi più antiche di rame e di bronzo. Roma 1908.
Neumann, Chemie und Archäologie. Zeitschrift f. angewandte Chemie 1907, S. 2019.
Newberry, The life of Rhekmara. London 1900.
Perrot und Chipiez, Geschichte der Kunst im Altertum. Leipzig 1884.
Prisse d'Avennes, Histoire de l'Art égyptienne d'après les monuments. Paris 1879.
Quilling, Die antiken Münzen aus Heddernheim-Praunheim und Umgebung. Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim. Heft III. Frankfurt a. M. 1900.
Rhousopoulos, Chemische Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik 1909, S. 287.
Rosenberg, Marc, Geschichte der Goldschmiedekunst auf technischer Grundlage. Frankfurt a/M. 1908.
Rosellini, Monumenti civili dell'Egitto. Pisa 1832—1834.
Sacken, Die antiken Bronzen des k. k. Münz- u. Antikenkabinetts in Wien. Wien 1871.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
— Mykenae. Leipzig 1878.
— Troja. Leipzig 1884.
Schulze, Ernst, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.
Selch, Geschichte und Technik des Metallemails. Mitteilungen des Erzherzog-Rainer-Museums Brünn 1908, S. 17.
Steindorff, Grabfunde des mittleren Reichs aus den Königlichen Museen in Berlin. In: Mitteilungen aus der orientalischen Sammlung der Königlichen Museen zu Berlin 1896 und 1901.
— Die Blütezeit des Pharaonenreichs. Bielefeld 1900.
Stephanides, Eine Skizze aus der analytischen Chemie der Alten. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1916, (Bd. XV), S. 85.
— Συμβολα' εἰς τὴν ἱστορίαν τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν καὶ ἰδίως τῆς λυμειας. [illegible] 1914.
Strunz, Über die Vorgeschichte und die Anfänge der Chemie. Leipzig und Wien 1906.
Tacitus, Germania
Theobald, Das Papier als Ersatz der Goldschlägerhaut. Welt der Technik 1911, S. 284.
— Die Herstellung des Blattmetalls in Altertum und Neuzeit. Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen, 1912. S. 91.
Vernier, La bijouterie et la joaillerie égyptienne. Cairo 1907.
Vogel, Prähistorische Verzinnung. Vortrag, gehalten auf der Naturforscherversammlung zu Cöln, September 1908.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Zenghelis, Das Metall der alten Prägestempel. Chemiker-Zeitung 1907, S. 1116.

Die Bearbeitung des Holzes.

Die Beschaffung des Holzes; das Fällen der Bäume.

Das Holz gehört zu den ältesten Rohmaterialien, deren sich die Technik des Altertums bediente: Es sei nur daran erinnert, daß die Wohnstätten und ihre Einzelteile, wie z. B. Säulen, meist aus Holz bestanden, ehe man später an ihrer Stelle Steine verwendete. Das Holz nahm man zunächst, wie man es eben gerade vorfand, d. h. aus der nächsten Nachbarschaft. Soweit es sich nicht von selbst in Form angeschwemmter Stämme, abgebrochener Äste usw darbot, mußte man es durch Fällen von Bäumen beschaffen. Hierzu verwendete man in den ältesten Zeiten vielleicht das Feuer, das man rings um den Stamm herum entzündete, bis er soweit verkohlt war, daß er umfiel, später aber besondere Werkzeuge. Noch zu Homers Zeiten, etwa 850—800 v. Chr., benutzten die Griechen zum Fällen der Bäume und Abhauen der Äste Steinäxte, mit denen die Arbeit, wie Schliemann mit Recht betont, eine sehr schwierige gewesen sein muß. Noch schwieriger aber als das Fällen der Bäume ist sicherlich das Spalten gewesen, das gleichfalls mit Steinäxten vorgenommen wurde. Die kleinen in Troja ausgegrabenen, oft nur wenige Zentimeter langen Sägen von Silex oder Chalcedon dienten wahrscheinlich nur zum Zersägen von Knochen, vielleicht jedoch auch zum Glätten der Oberfläche von Holz, das deshalb notwendig wurde, weil ein gerades Durchspalten eines Baumes mit Steinäxten ja doch nicht möglich war. Infolgedessen waren die Bretter auch ziemlich uneben. Die Ägypter hingegen bedienten sich schon in früherer Zeit bronzener Werkzeuge zum Fällen von Bäumen, und zwar gebrauchten sie sowohl Äxte wie auch Stichsägen, die aber bei der Arbeit des Fällens wohl nur als untergeordnete Hilfsmittel zur Anwendung kamen. Hingegen spielte die ziemlich lange Stichsäge beim Zerteilen des gefällten Stammes in einzelne Bretter eine wichtige Rolle. Man gewann diese im alten Ägypten auf folgende Weise: Ein Pfahl wurde senkrecht in die Erde geschlagen. An diesen band man den zu zersägenden Baumstamm — und zwar gleichfalls in senkrechter Stellung — an. Hierauf wurde mit der Stichsäge von oben her so weit eingesägt, daß man Stricke festbinden konnte, die das Zusammenklaffen und damit das Einklemmen der Säge verhindern sollten (Abb. 104 S. 74). Die meist gebrauchte Stichsäge

Abb. 97.
Assyrische Holzarbeiter.
Die Ausrüstung mit Baumsäge, Beilen und Stützstangen (die Layard als „Schaufeln" anspricht), läßt darauf schließen, daß sie zum Fällen von Bäumen ausziehen. (Die Form der „Schaufeln" erscheint ungewöhnlich; man könnte sich ihre Verwendung höchstens als zum Ausgraben von Wurzelwerk dienend denken. Wahrscheinlicher dürfte es sich um Stützstangen handeln, die wechselweise unter den sich neigenden Baum gestemmt wurden, um ihn allmählich und ohne daß er andere Bäume beschädigte, zur Erde zu bringen. Flachrelief in Kujundschik.

war nämlich nicht wie unsere heutigen Sägen „verschränkt“, d. h. ihre Zähne waren nicht abwechselnd bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung nach außen gebogen, wodurch das Steckenbleiben und Einklemmen des Sägeblatts verhütet wird. Bei der nicht verschränkten Zahnung bildete die Verwendung von Stricken, mit denen man den Baumstamm unter Umständen auch auseinanderziehen konnte, ein gutes Hilfsmittel. Wurden die einzelnen ab-



Abb. 98. Römische Doppelaxt.
Mit dreiteiligem Futteral aus Bronze, die Seitenteile (s. a. Abb. 100 u. 101) aufklappbar. Haken dienen zum Befestigen der Bindeеriemen.

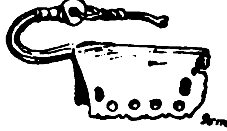


Abb. 99.
Römisches Axtfutteral.

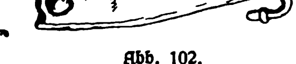


Abb. 102.
Teil eines römischen Axtfutterals.

zusägenden Teile locker, wodurch das Sägen erschwert wurde, so band man sie gleichfalls mit Stricken fest, bis der Stamm vollständig zersägt war. Den **Hobel** kannten die alten Ägypter nicht, an seiner Stelle wurde eine Art von Spaten verwendet, mit dem man die Oberfläche des Holzes glättete. Es sei noch erwähnt, daß die von den Ägyptern zum Fällen des Holzes verwendeten Äxte kein Loch zum Befestigen des Stieles besaßen: sie wurden mit Lederriemen daran angebunden.

Die **Römer** fällten die Bäume in ähnlicher Weise wie wir, indem sie den Stamm mit Äxten so weit einkerbten, daß er dann durch Ziehen an angebundenen Stricken zu Fall gebracht werden konnte. Der Holzfäller von heute sichert sich vielfach gegen zufällige Verletzungen dadurch, daß er die Schneide seines Handwerkszeugs mit Schutzvorrichtungen aus Holz umgibt, die zugleich auch eine Schonung dieser Schneide bewirken sollen. Ähnliche Vorrichtungen kannten auch die Römer. Eine aus dem Rhein

Abb. 100 u. 101. Römisches Beilmesser.
Mit starkem Rücken und zwei Schneiden (eine lange gegenüber dem Rücken, eine kürzere am vorderen Ende), so daß es sowohl als Hackmesser wie als leichtes Beil dienen konnte. Das Messer besitzt ein dreiteiliges Futteral aus Bronze, das sich eng anlegt. Die beiden langen Teile sind durch Stifte mit dem dritten, die kurze Schneide schützenden verbunden und lassen sich aufklappen. Haken dienen zum Befestigen der Binderiemen. Die (nicht vorhandenen) Griffe waren wie Nietlöcher und -Stifte erkennen lassen, aufgenietet. Die in Abb. 98—102 dargestellten Gegenstände sind im Rhein an der Bleiaue bei Mainz gefunden.
Museum Mainz.

gehobene Doppelaxt von Eisen zeigt an der breiten Schneide ein Futteral aus Bronze, das aus drei Teilen besteht, von denen sich die beiden kurzen Seitenteile aufklappen lassen. Sie tragen an ihren Enden Haken, in denen jedenfalls Riemen befestigt waren, die um die Axtklinge geschnürt wurden, um das Futteral in seiner Lage festzuhalten. Die Spuren dieser Riemen sind auf der Klinge noch deutlich erkennbar. Außerdem hat man auch noch einzelne Teile derartiger Axtfutterale gefunden. Die mit einem Loche zum Durchstecken des Stieles versehene Axt dürfte ihrer Form nach zum Fällen von Bäumen gedient haben, ebenso ein zweites mit einer ähnlichen Schutzvorrichtung versehenes Instrument, ein Beilmesser, das wahrscheinlich zum Zuspitzen von Pfählen, die in die Erde gerammt werden sollten, zur Herstellung von Faschinen usw. usw. Verwendung fand. An der kurzen dicken Griffangel sind noch kräftige Nietstifte erhalten, mit denen der starke Griff befestigt war. (Abb. 100—101.) Diese Äxte, Beilmesser usw. usw. waren sehr leistungsfähig. Im Taunus z. B., wo zur Römerzeit das weichere Tannenholz ganz fehlte, mußten starke Eichen gefällt werden, die man dann mit dem Schlichtbeile zu Balken von nicht weniger als 14 m Länge zuhaute, wie solche zur Befestigung des Mainufers bei Stockstadt Verwendung fanden. Sehr richtig hatte man schon zuzeiten des Theophrast (390 bis um 300 v. Chr.) bei den Griechen erkannt, daß es durchaus nicht gleichgültig ist, um welche Jahreszeit man die Bäume fällt. Dieser (V 1 ff.) gibt nämlich an, daß es am besten ist, Baumstämme, die nicht behauen, sondern nur geschält werden sollen, bei Vollsaftigkeit zu fällen, da sich dann die Rinde am besten entfernen läßt. Die zu behauenden Bäume hingegen fällt man am vorteilhaftesten erst, wenn die Früchte reif sind. Theophrast stellt als beste Fällungszeit für die einzelnen Holzarten die folgende Regel auf: Man fällt im Frühling die Weißtanne, die Kiefer und die Pinie; zu Beginn des Herbstes den Maulbeerbaum, die Ulme, den Ahorn, die Esche, die Buche und die Linde, zu Beginn des Winters aber die Eiche (Blümner II, 244 bis 245).

Die Holzarten.

Diese Aufstellung gibt uns zugleich einen Überblick über die bei den Griechen am meisten verwendeten Holzarten. Fügen wir hinzu, daß die Ägypter in erster Linie die wegen ihrer krummen Faserung schwer zu bearbeitende Nilakazie sowie die Sykomore, dann aber auch die Dattelpalme, die Dumpalme und einzelne aus Syrien bezogene Nadelhölzer sowie Ebenholz verwendeten, und daß hierzu außer den oben angeführten bei den Griechen und Römern noch der Ahorn, der Buchsbaum, die Erle die Tanne, die Zeder, die Weide und eine Anzahl anderer seltener verwendeter Hölzer kamen, so haben wir damit einen allgemeinen Überblick über die im Altertume verwendeten Holzarten. Von diesen wurden einzelne, wie z. B. das Ebenholz, hauptsächlich zu Luxusgegenständen verarbeitet, während andere, wie die Weide und der Holunder, zu Flechtwerk dienten. Die Zeder war ein geschätztes Baumaterial. Im übrigen aber befolgte man im allgemeinen den Grundsatz, daß man das Holz möglichst aus nächster Nähe bezog. So trifft man z. B. die im Süden so häufig als Baumaterial vorkommende Zeder in den nördlich der Alpen gelegenen römischen Provinzen nur selten noch als solches an. Sie ist hier Luxusholz.

Das Handwerkszeug und die Bearbeitung des Holzes.

Tischler und Zimmerleute benutzten schon bei den alten Ägyptern, und zwar bereits um das Jahr 3500 v. Chr., zur Verarbeitung des Holzes Äxte aus Bronze,

deren Stiel gleichfalls mit Lederriemen am Bronzestiel befestigt ist. Ferner bedienten sie sich des **Meißels**, dessen mit Schneide versehener Teil in ein Holzheft gesteckt wird, auf das man mit einem Holzhammer schlägt. Die Form dieser Meißel gleicht der der unsrigen. Als **Hobel** dient eine Art von Spaten, desses flaches Blatt mit Riemen

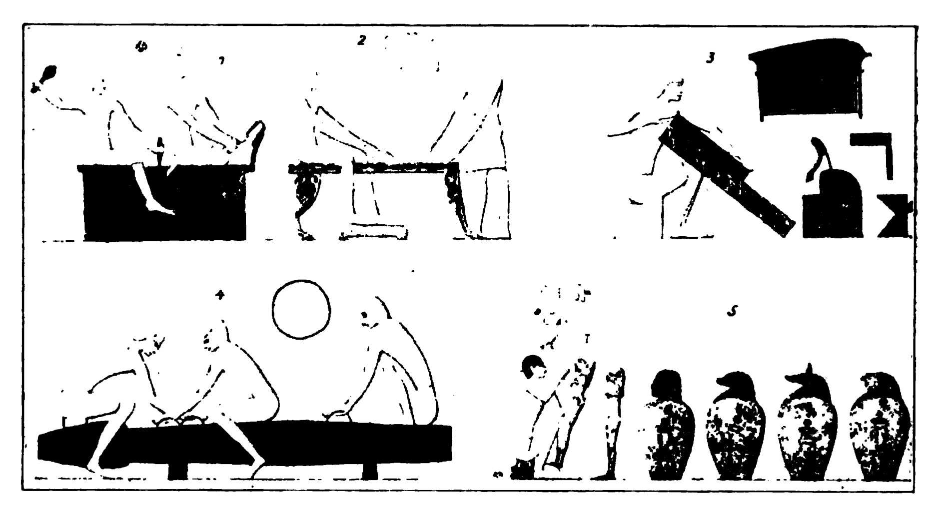


Abb. 103. Holzbearbeitung in Ägypten.

(Obere Reihe von links nach rechts): 1. Arbeiten mit Meißel und Beil, dessen Metallteil an einem gebogenen Holzheft befestigt ist (Dexel). 2. Bank mit Einlegearbeit. 3. Hobeln. Der Mann prüft durch Anlegen eines Metallstücks, ob die Holzfläche glatt gehobelt ist. Daneben das in einem Holzblock steckende, als Hobel dienende Beil, dessen gebogenes Blatt an einem Stiel angebunden ist. Daneben Winkelmaß und -Bock, dessen Ausschnitt ebenso wie der des Holzblocks, in dem das Beil steckt, zum Anstemmen der zu bearbeitenden Holzstücke dient(?). Darüber Truhe(?). (Untere Reihe): 4. Glätten einer Holzsäule und 5. Holzsärge für Mumien. — Wandgemälde Theben.

an einem nach oben stehenden gebogenen Handgriffe befestigt ist. Ebenso konnte man aber auch mit einem eigenartigen kleinen Handbeile Holzflächen glätten, dessen Blatt halbmondförmig gestaltet oder gebogen war. (Abb. 103, obere Reihe rechts: das Beil steckt in einem Holzblock.) Die gebogene Seite diente als Schneide, mit der flachen war es am Stiel angebunden. Durch Querstellung dieses Blattes entsteht der in Ägypten gleichfalls zur Holzbearbeitung viel verwendete **Dexel**.

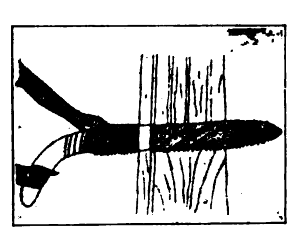


Abb. 104. Ägyptische Säge. Holzarbeiter, einen senkrecht stehenden Baumstamm zersägend.

Über die Werkzeuge zur Holzbearbeitung hat vor allem **Blümner** sehr eingehende Forschungen angestellt, dessen Ausführungen wir im Nachstehenden im wesentlichen folgen.

Daß als **Säge** nur die Stichsäge Verwendung findet, wurde oben schon erwähnt; sie ist jedoch, wie uns die erhaltenen Darstellungen zeigen, oft von beträchtlicher Länge und unten mit einem Handgriffe versehen, der oben gegen das Sägeblatt zu scheinbar noch einen Wulst oder ein Schutzblatt aufweist. Der **Bohrer** ist ein sogenannter „Drillbohrer". Er sitzt an einem Holzstabe, der an einem verdickten klotzartigen Ende mit der linken Hand festgehalten und gegen das zu bearbeitende Werk-

stück gedrückt wird. Wahrscheinlich bestehen verdicktes Ende und Holzstab nicht aus einem einzigen Stück. Man muß sich vielmehr vorstellen, daß der Holzstab lose in dem als Widerlager dienenden auf sein oberes Ende gestellten Kloße sitzt (Abb. 107.) Unterhalb dieses Klotzes ist um das Holzstück eine Bogensehne herumgeschlagen. Durch rasches Hin- und Herführen des Bogens wird der Bohrer in Umdrehungen versetzt. Es kommen jedoch auch Bohrer zur Verwendung, die gegen die Brust gestemmt werden, und bei denen bei scheinbar gleicher Konstruktion das Holzstück mit der Hand gedreht wird. Die Gestalt dieses Bohrers selbst ist unbekannt. Wahrscheinlich hatten die ältesten Bohrer die Form eines Nagels, und zwar eines kantigen Nagels. Sie gaben keine Bohrspäne, sondern nur Bohrmehl, das durch Umkehren des Werkstückes herausbefördert wurde. Später wird der Schneckenbohrer bekannt, der zum erstenmal in einer alten Handschrift der Gedichte des Hesiod, die aus dem 8. oder 9. Jahrhundert v. Chr. stammt, abgebildet ist. Dieser Bohrer hat die Form eines vierkantigen Nagels, der an seiner Spitze einmal um seine Achse gedreht ist, wodurch vier immer noch stumpfe Schneiden entstehen. Auch dieser Bohrer liefert nur Bohrmehl, keine Bohrspäne. Zum Polieren des Holzes dienten Steine mit glatter Oberfläche.

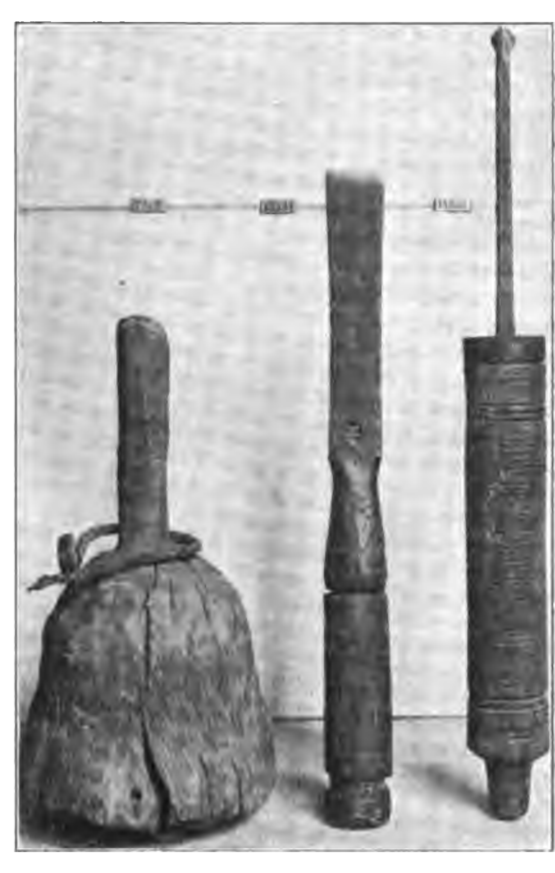


Abb. 105—107. Schlegel, Stemmeisen und Drillbohrer (ägyptisch oder koptisch).
Zu dem Bohrer gehört ein ausgehöhltes Holzstück, in dem sich sein verjüngtes Ende dreht. — Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 108. Ägyptische Holzarbeiten.
Hölzernes Kinderspielzeug (Tier und Krüge mit und ohne Deckel). — Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

In späterer Zeit erfahren alle diese primitiven Holzbearbeitungswerkzeuge weitere Vervollkommnungen. Ihre Form nähert sich allmählich immer mehr jener der unsrigen. Es kommen bei den Griechen und Römern Äxte von sehr verschiedenartiger

Ausgestaltung auf, bei denen der Stiel in einem Loche sitzt, durch das er meist derart hindurchgesteckt ist, daß er nach oben wieder hervorragt. Der Meißel bleibt wie er war. Die Säge wird ganz beträchtlich handlicher. Man spannt sie in einen gebogenen Handgriff, in dem sie in ähnlicher Weise sitzt, wie die Sehne



Abb. 109. Arbeit mittelst Handmeißels an einer hölzernen Herme. Bild auf einer athenischen Schale. Antikenkabinett Kopenhagen.

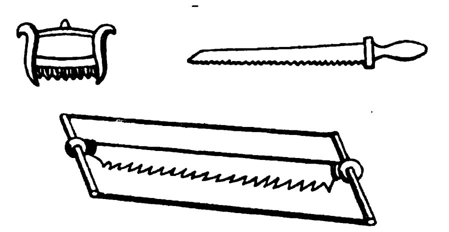


Abb. 110—112. Römische Sägen. Fuchsschwanz, Schrotsäge oder Klob und Stichsäge.

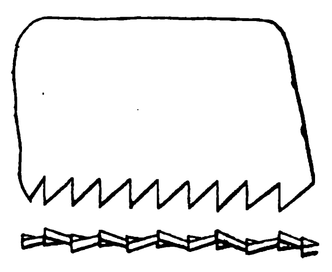


Abb. 113. Römische Säge mit verschränkten Zähnen.
Darunter die Verschränkung der Zähne. Museum Zürich.

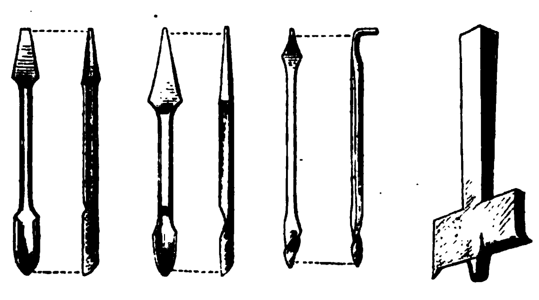


Abb. 114. Verschiedene Sorten römischer Bohrer.
Von links nach rechts: 2 zweischneidige Löffelbohrer in Vorder- und Seitenansicht; gewöhnlicher Bohrer in Vorder- und Seitenansicht; Zentrumsbohrer. — Museum Zürich.



Abb. 115. Römischer Hobel.
Mit schief gegen die Stoßrichtung stehendem Griff und Löchern, durch die die Späne herausfallen.
An einem Marmorgrabmal in Rastatt.



Abb. 116. Eroten als Tischler.
Links hölzerne Flügeltür, Sägebank aus einem auf zwei Böcken befestigten Brett bestehend, auf dem links ein Brett durchgesägt wird. (Rich gibt hier das Sägeblatt in der Mitte an [Schrotsäge]; Overbeck, Helbig, Blümner usw. unten. Das Original ist sehr verwischt; Feststellung wegen des Krieges nicht möglich). Rechts ein durch eine Art von Schraubzwinge befestigtes Brett. Darunter ein Kasten. An der Wand rechts auf einem Wandbrett ein Bohrer (?). [Blümner nimmt ein Gefäß oder Lampe an.] — Wandgemälde in Herculanum.

im Bogen. Dann aber spannt man sie auch in rechteckige Rahmen derart ein, daß sie, in der Mitte der beiden Schmalseiten befestigt, parallel zu den Längsseiten läuft. Das Sägeblatt liegt mit seiner Schneide entweder senkrecht zur Ebene des Rahmens oder parallel zu diesem. Endlich kommt auch die jetzige Säge auf, bei der das Sägeblatt durch einen Strick gespannt wird. Derartige Sägen gibt es von kleinen Handsägen angefangen bis zur großen Balkensäge. Eine altrömische Säge des Antiquariums in Zürich zeigt die Verschränkung der Zähne. (Abb. 113.)

Auch bei den Griechen und Römern bleibt der **Bohrer** zunächst ein Drillbohrer, eine Art, die schon **Homer** erwähnt (Odyssee IX 384):

> .... und ich, in die Höhe mich reckend,
> Drehete. Wie wenn ein Mann, den Bohrer lenkend, ein Schiffholz
> Bohrt; die Unteren ziehn an beiden Enden des Riemens,
> Wirbeln ihn hin und her ....

Besondere Bedeutung erlangte der Bohrer, der in Form des gallischen Bohrers als **Löffelbohrer** Verwendung findet, und zwar in Form eines zweischneidigen

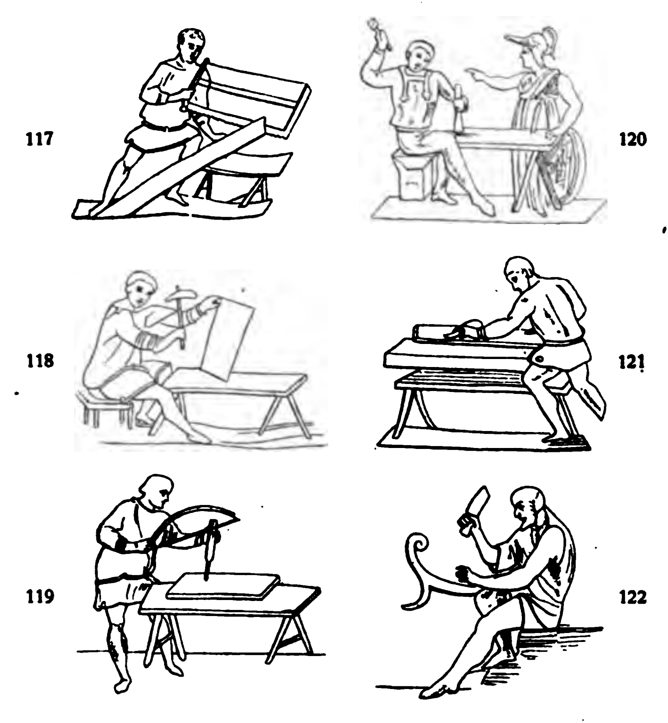


Abb. 117—122. Tischlerarbeiten.

Abb. 117. Durchsägen eines Brettes, das in üblicher Weise schief gegen eine Bank gestellt wurde. Beim Durchsägen langer Bretter stellte sich ein zweiter die Säge führender Arbeiter auf das Brett, das außer durch die Bank noch durch einen dagegen gestellten Holzstamm gestützt wurde. — Abb. 118. Glätten eines Brettes mit dem Glättbeil (oder spalten, was **Blümner** gleichfalls für möglich hält). — Abb. 119. Bohren eines Loches mit dem Drillbohrer. — Abb. 120. Aushöhlen eines Brettes mit Meißel und Schlägel (**Blümner** nimmt spalten an, was sich aber auf diese Weise kaum durchführen läßt). — Abb. 121. Hobeln mittelst Langhobels. — Abb. 122. Zurichten eines wahrscheinlich zu schnitzenden oder sonst feiner zu bearbeitenden Stückes mit dem Beilmesser (**Blümner** nimmt nacharbeiten mit Schnitzmesser an, wogegen aber die Form des Messers und die Armbewegung zu sprechen scheint, die auf roheres Zuhauen, also auf „Zurichten“ deuten dürfte). Gemalter Boden eines Glasgefäßes aus den Katakomben (Vatikanische Bibliothek).

Löffelbohrers, so daß ein Schneiden sowohl in dem einen als auch in dem anderen Drehsinne stattfindet. Da die Bohrer damals entweder mit Hilfe von Griffen durch die Hand oder durch Drillen mit der Schnur bewegt wurden, so war es in beiden Fällen weit bequemer, den Sinn der Drehung wechseln zu lassen, als ihn beizubehalten. In Zürich befindet sich auch ein aus römischer Zeit stammender Zentrumsbohrer.

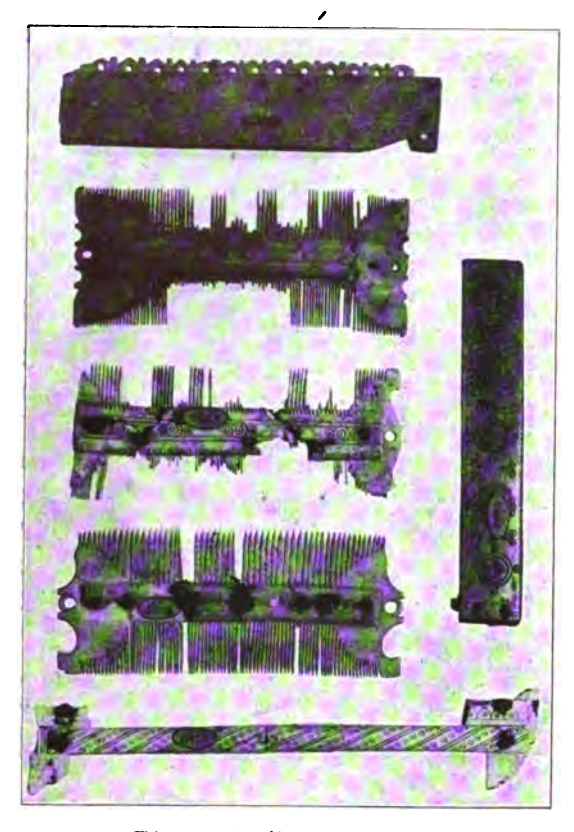


Abb. 123. Römische Holzarbeiten.
Kämme aus Holz (und Bein). Die Kämme beweisen, bis zu welcher Feinheit die Bearbeitung des Holzes bei den Römern vorgeschritten war. — Provinzialmuseum Trier.

Der **Hobel** behält im allgemeinen seine Form als vorne zugeschärftes, mit einem Handgriffe versehenes spatenförmiges Blatt, nur wird dieses Blatt später mit Öffnungen versehen, deren Zweck nicht aufgeklärt erscheint. Später wird das Blatt wie bei uns in einem Holzkloß befestigt.

Auch die **Drehbank** war im Altertume bekannt. Sie wird von **Plinius** (VII 198) erwähnt, und zahlreiche Reste geben von den auf ihr hergestellten Arbeiten Kunde. Wie sie jedoch aussah, ist unbekannt. Es läßt sich nur vermuten, daß sie, ähnlich dem Schleifsteine, durch Treten mit den Füßen in Bewegung gesetzt wurde.

Literatur zum Abschnitte „**Die Bearbeitung des Holzes**" siehe hinter dem Abschnitte „**Die Herstellung und Bearbeitung des Leders**".



Abb. 124. Altgriechische Holzarbeit aus Mykenae.

Die Herstellung und Verarbeitung des Leders.

Die Gerberei.

Eine wichtige Rolle spielte im Altertume das Leder. Die ungegerbten Felle, die wohl bei allen Völkern die älteste Art der Bekleidung darstellen, unterlagen der Fäulnis und waren von oft nur geringer Haltbarkeit. So dürfte man wohl bald dazu übergegangen sein, sie durch eine besondere Art der Behandlung dauerhafter zu machen. Welches die ersten Gerbmittel waren, ist unbekannt. Man vermutet, daß man die Felle zuerst in Wasser einweichte, um die Haare besser entfernen zu können. Dann behandelte man sie mit Pflanzensäften, und zwar in manchen Teilen des alten Orients wahrscheinlich mit dem Safte von Periploca secamone, die heutzutage noch bei den Arabern in der Gerberei verwendet wird und wahrscheinlich schon in den ältesten Zeiten dem gleichen Zwecke diente. Ob freilich die Ägypter sich ihrer bedient haben, erscheint zweifelhaft. Jedenfalls handelte sich hier um eine Art von Lohgerberei; muß man doch annehmen, daß die Wirkung auf der in der Pflanze enthaltenen Gerbsäure beruht.

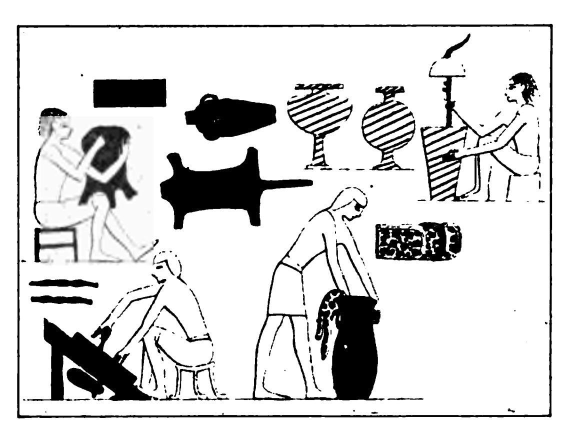


Abb. 125. Herstellung des Leders in Ägypten.
Oben rechts scheinbar Herstellung der Gerbbrühe (Stampfen der Gerbstoffe in einem Gefäße); unten rechts Einweichen der Felle, unten links Abschaben der Haare auf dem Schabebock. Felle, Lederstücke (oben links das viereckige), Gefäße, mit Einfassung versehene Felldecken (in der Mitte rechts, drei übereinanderliegend).

Im übrigen wurde im Altertum eine ganze Anzahl der auch jetzt gebräuchlichen Mittel zur Lohgerberei benutzt; vor allem verwendete man allerlei Baumrinden, wie die der Erle (Theophrast), des weiteren Teile von Früchten, wie von Granatäpfeln, Eicheln usw. Außerdem standen aber noch zahlreiche andere gerbsäurehaltige Pflanzen und Pflanzenteile im Gebrauch. Auch die Alaungerberei war bekannt (Plinius XXXV 190), und ebenso verwendete man Salz, ja nach Wilkinson sollen die Ägypter sogar Kalk benutzt haben, was aber, sofern damit gebrannter Kalk gemeint ist, wenig wahrscheinlich klingt, da dieser nur bei sehr vorsichtiger Anwendung ohne Schaden für die Haut Benutzung finden kann. Ungebrannter Kalk ist aber kein Gerbmittel. Ebenso ist auch der Gebrauch von Öl (Sämisch-Gerberei) nicht bezeugt. Die verbreitetsten Arten der Gerberei des Alter-

tums dürften also die Lohgerberei und die Alaungerberei gewesen sein. Man gerbte nach diesen Verfahren Felle der verschiedensten Art, sowohl solche von Haustieren wie auch die des erlegten Wildes und der Raubtiere. An Ledersorten war also kein Mangel.

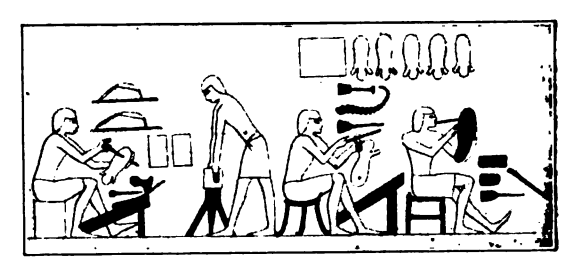


Abb. 126. Lederbearbeitung in Ägypten.
Links: Durchbohren von Lederstücken mit der Ahle, unten Schabebock mit Schabeisen, Pfriemen; auf dem Bock ein zu bearbeitendes Fell (im Originalgemälde punktiert, also wahrscheinlich Leopardenfell), darüber viereckige Lederstücke; dann Strecken des Leders über einem Bock; der dritte und vierte Mann arbeiten ähnlich wie der erste. Oben Lederstücke, Felle, Handwerkszeug (Klopfer, Schaber, Kämme usw.)

Die bei der Gerberei verwendeten Werkzeuge sind uns nur aus einem einzigen pompejanischen Funde bekannt. Sie bestehen aus einem bronzenen Schabeisen, das an einem hölzernen Handgriffe durch Vernietung befestigt ist; dann aus einem langen in zwei Exemplaren gefundenen konkaven Schabmesser und endlich aus einem kleinen halbrunden Handmesser, über dessen wahrscheinliche Verwendung darauf hingewiesen sei, daß sich noch heute Kürschner und sonstige Lederarbeiter eines halbrunden Messers bedienen, dessen sichelförmige Schneide in ihrer ganzen Länge angeschärft ist. Es ist merkwürdig, daß uns das gleiche Messer bereits auf altägyptischen Wandgemälden von Theben entgegentritt, wo Leute dargestellt sind, die Leder zuzurichten. Solche Messer sind auch tatsächlich in Theben gefunden worden. Des weiteren wurden dort Steine zum Polieren des Leders gefunden, Tafeln, um es beim Schneiden darauf zu legen, Formen, über denen es gebogen wurde usw. Aus den Gemälden aber erkennen wir die Verwendung von Pfriemen, Messern, Schabern, Bohreisen, Nadeln und Böcken zum Ziehen und Strecken des Leders.

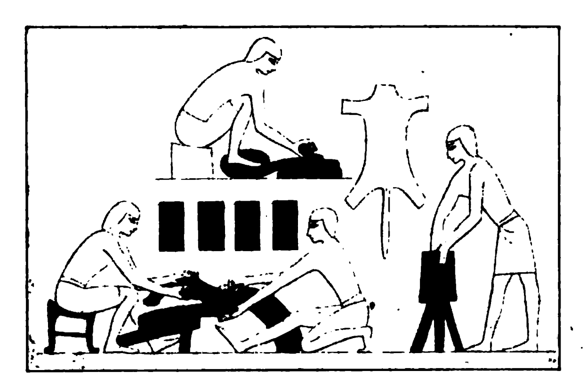


Abb. 127. Lederbearbeitung in Ägypten.
Glätten des Leders auf einer Unterlage mit Hilfe eines Poliersteins (?) und (darunter) Spalten des Leders mit einem Messer. Rechts Strecken und Weichmachen durch Ziehen über einen Bock.

Die Verarbeitung des Leders.

Die Ägypter verfügten also bereits über ein ziemlich umfangreiches Handwerkszeug

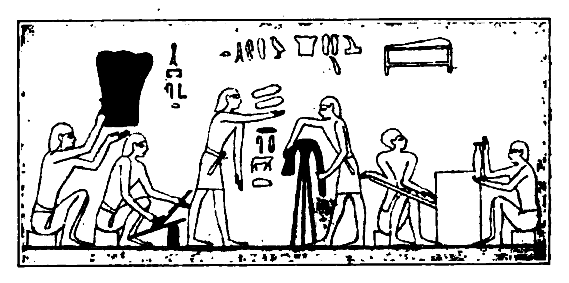
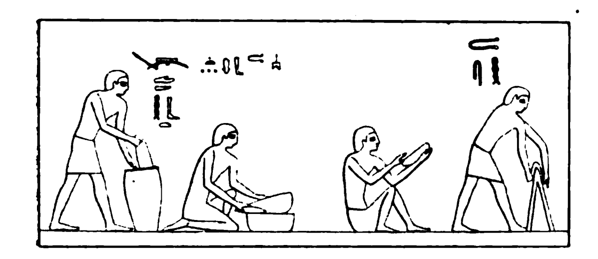


Abb. 128. Lederbearbeitung in Ägypten.
Von links nach rechts: Schaben eines aufgehängten Felles mit dem Schabemesser, Narben, Strecken und Weichmachen durch Ziehen über den Bock; die Tätigkeit der beiden Männer rechts ist unklar.



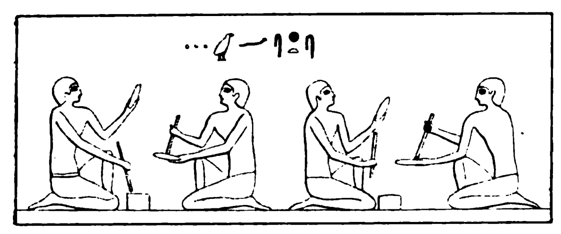


Abb. 129 u. 130 Schneiden von Sohlen in einer ägyptischen Schuhmacherwerkstatt.

Die Darstellung ist wohl so zu erklären:

Oben von links nach rechts: Einweichen des Leders, Weichmachen durch Walken oder Klopfen zwischen zwei Steinen, Ziehen und Strecken über einen Bock. Unten: Schneiden der Sohlen auf einer Unterlage.

zur Bearbeitung des Leders. Noch umfangreicher dürfte das der Griechen und Römer gewesen sein, das uns aus zahlreichen Funden sowie auch



Abb. 131. Klopfen von Sohlleder.

(Die Abbildung läßt sich wohl nur in dieser Weise erklären und zeigt, daß man damals schon das Sohlleder ebenso behandelte, wie heute noch).

aus einigen Beschreibungen bekannt ist. Die Funde zeigen Messer, die den unsrigen glichen, und lassen auch die Verwendung der mit einem Holzgriffe versehenen Schusterahle erkennen. Besonders wichtig ist es, daß durch den Fund eines Grabsteines zu Rom auch die Verwendung von Leisten feststeht, die oben mit Handgriffen versehen waren, mittels deren man sie in die Schuhe hineinsteckte. Diese letzteren wurden zunächst zugeschnitten und dann zusammengenäht. Beim Nähen wurde das Loch mit der Ahle vorgebohrt. Dann wurden die Lederstücke unter Verwendung von tierischen Sehnen oder auch von Lederriemen vereinigt. Manchmal fand die Vereinigung durch Vernieten statt, wie man überhaupt Lederteile öfters mit Nägeln oder Nieten besetzte, teils um sie zu verzieren, teils um sie gegen Abnützung zu schonen. Die Sohlen bestehen aus Leder oder aus Holz und werden manchmal genagelt. Vom feinen



Abb. 132. Griechische Schuhmacherwerkstatt.

Die Bestellerin steht auf dem Tisch auf dem Stück Leder, aus dem der Meister (links) mit dem halbmondförmigen Messer die Sohle auszuschneiden sich anschickt. Der Geselle (rechts) hat (nach Ansicht von Blümner) das zum Oberleder bestimmte Stück Leder in der Hand. Oben links auf einem Brett Zange, Ahlen; an der Wand zwei Stück Leder an Schleifen aufgehängt, zwei Leisten, ein Korb. Unter dem Tisch ein Gefäß, das nach Ansicht des Verfassers das zum Einweichen des Leders dienende Wasser enthält, wie es auch heute noch in jeder Schuhmacherwerkstatt unter dem Tische zu finden ist. Das gleiche Gefäß findet sich auch auf anderen griechischen Darstellungen unter dem Tisch. Vasenbild aus der Sammlung Bourguignon in Neapel, jetzt in Boston.

Damenschuh gibt es bis zum groben Soldatenstiefel die verschiedensten Arten des Schuhwerks, und zwar sowohl Sandalen wie Stiefel. Man hat rechte und linke

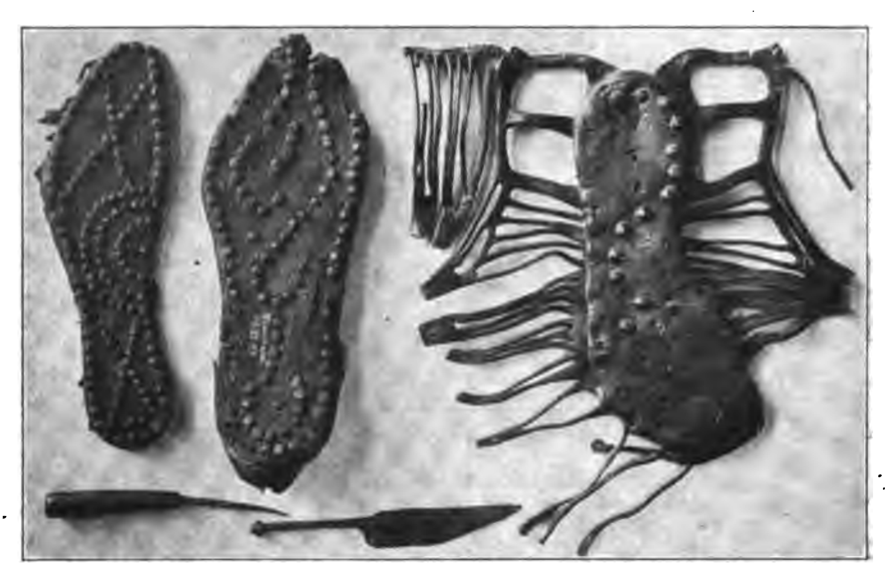


Abb. 133. Römische Sohlen, Sandalen und Schuhmacherwerkzeuge.

Von links nach rechts: Zwei benagelte Sohlen für den rechten Fuß; auseinandergelegte Sandale (die Sandale hat eine benagelte Sohle, über der eine zweite liegt, dann die sogen. Brandsohle.) Darunter Schusterahle und Schustermesser.

Fundort Mainz. Altertumsmuseum der Stadt Mainz.



Abb. 134. Römische Sandalen, Schuhe, genagelte Sohlen.

Fundort Mainz. Altertumsmuseum der Stadt Mainz.

Schuhe, die über entsprechenden Leisten hergestellt werden. Dolchscheiden aus Leder und ähnliche Futterale werden über vorher entsprechend zugeschnitzten Holzkernen angefertigt.

Die chemische Behandlung des Leders bezweckt das Färben und Konservieren. Zum Färben dienen vor allem Krapp und Scharlach sowie, um schwarzes Leder zu erzeugen, Kupfervitriol, der mit dem im Leder enthaltenen Gerbstoff in chemische Reaktion tritt und dadurch die Schwarzfärbung hervorbringt. Im übrigen wurde aber das Leder meist naturfarben getragen. Um es zu konservieren, wurde es mit Öl eingerieben (Plinius XV. 34).



Abb. 135. Römische Sandalen am Fuß befestigt. Fundort Mainz. Altertumsmuseum der Stadt Mainz.

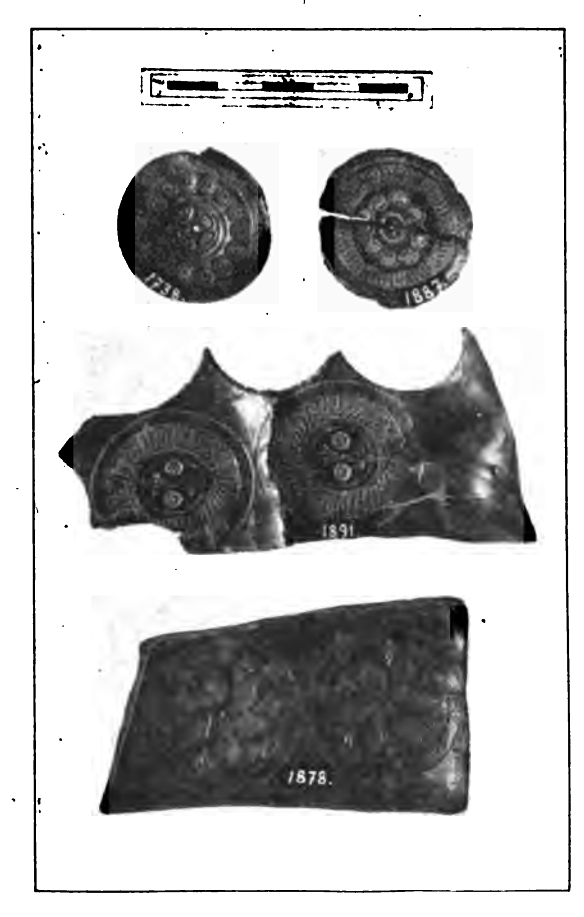


Abb. 136. Altrömisches Zierleder. Lederscheiben und Stücke mit eingeprägten Ornamenten. Provinzialmuseum Trier.

Literatur zu den Abschnitten: „Die Bearbeitung des Holzes" und „Die Herstellung und Verarbeitung des Leders".

Blümner, Technische Probleme aus Kunst und Handwerk der Alten. Berlin 1877.
— Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern, 1. Band. Leipzig und Berlin 1912; 2. Band, Leipzig 1879.
Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.
Dooley, Manual of Shoemaking. New-York 1912.
Feis, Über den römischen Militärstiefel. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. Bd. XVI, Nr. 1, S. 19. Leipzig 1917.
Fiala, Beiträge zur römischen Archäologie der Herzegowina. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.
Fischer, Beiträge zur Geschichte der Werkzeugmaschinen. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure. Band 4, S. 274.
Franziß, Bayern zur Römerzeit. Regensburg 1905.
Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.
Garstang, Excavations at Beni Hassan. Annales du service des Antiquités de l'Egypte, 5. Band, S. 215. Kairo 1904.
Jacobi, Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.
Jaeck, Industrie und Gewerbe im Altertum. Prometheus 1898, S. 434.
Jahn, Römisches Handwerkzeug. Abhandlungen der Phil.-hist. Klasse der Sächsischen Gesellschaft d. Wissenschaften 1868. S. 275.
Kellner, Römische Baureste in Ilidze bei Sarajevo. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.
Kobert, Beiträge zur Geschichte des Gerbens und der Adstringentien. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1916. (Bd. VII), S. 185 u. 255.
Kohnstein, Chemismus und Fortschritte in der Gerbereitechnik. Österreichische Chemiker-Zeitung 1911, 5, 54.
Layard, Ninive̊h und Babylon. Leipzig.
Lewin-Dorsch, Die Technik der Urzeit. Leipzig 1912.
v. Lippmann, Die chemischen Kenntnisse des Dioskorides. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.
Marquart-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.
Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.
Neuweiler, Pflanzenreste aus der römischen Niederlassung Vindonissa. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich 1908.
Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Chemnitz 1896.
Radimsky, Die vorgeschichtlichen und römischen Altertümer des Bezirkes Zpanjac in Bosnien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und Herzegowina 1901. Wien 1901.
Riedenauer, Handwerk und Handwerker in den homerischen Zeiten. Erlangen 1873.
Römische Waffen und Werkzeuge mit Schutzvorrichtungen. Westdeutsche Zeitung für Geschichte und Kunst. Jahrgang 22, S. 427.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
Schuhmacher, Verzeichnis der Abgüsse und wichtigeren Photographien mit Germanendarstellungen. Mainz 1910. Kataloge des römisch-germanischen Zentralmuseums Mainz.
Schulze, Ernst, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.
Ule, Römische Handwerkszeuge auf der Saalburg. Vortrag im Museum für Völkerkunde zu Berlin. Februar 1905.
Weule, Kulturelemente der Menschheit. Stuttgart 1912.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Der Ackerbau.

Ackergeräte.

Das älteste Ackergerät war wohl der Stock, den man nicht mit Unrecht mit dem verlängerten und verhärteten Finger verglichen hat. Aus dem Stocke hat sich dann in einer Entwicklung, für die uns aus dem Altertume keinerlei Beweise mehr

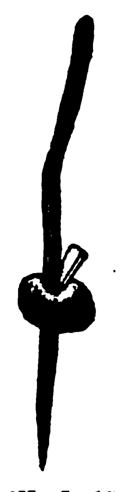


Abb. 137. Grabstock der Buschleute.



Abb. 138. Vorne Hacke, hinten Hackenpflug der Kolumbia-Indianer.

erhalten sind, die aber durch Beobachtungen an ursprünglichen Völkerschaften wahrscheinlich gemacht wird, der Pflug herausgebildet. Zunächst hat man wohl den Stock an seinem unteren Ende mit einem durchbohrten Steine belastet. Man erhielt so ein Grabscheit, wie es auch heute noch die Buschleute Südafrikas benutzen. Steckte man jetzt den Stock in den Boden, und setzte man den Fuß auf den Stein, so hatte man einen zweiarmigen Hebel, mit dem sich der Boden leichter auflockern und umlegen ließ als mit dem einfachen vorne zugespitzten Stock. (Abb. 137.) Um die Arbeitsleistung zu vergrößern, wurde der untere Teil dieses primitiven Ackergerätes verbreitert, es entstand der Spaten. Eine besonders bequeme Abart dieses Spatens bot sich in der Natur



Abb. 139. Eisernes Blatt einer koptischen Hacke (Form der ägyptischen Hacke) zur Feldbestellung.
Berlin, Altes Museum, Ägyptische Abteilung.

so und so oft von selbst dar: ein starker Ast mit einem im Winkel abgebogenen Zweig ermöglichte die Anwendung größerer Kraft und damit ein tieferes Eindringen in den Boden. In dieser Form fand die Hacke zuerst Verwendung (Abb. 138), aus der sich dann der Pflug entwickelte. Drehte man die Hacke um, so daß ihr Blatt nicht mehr nach vorne, sondern nach hinten zu gerichtet war, und spannte man an ihren langen Stiel Zugtiere, so hatte man den Pflug. (Abb. 138.) Diese Gestalt ist es, in der er uns auch im Altertum entgegentritt, und sie behält er — unbeschadet aller weiteren Entwicklung — Jahrtausende hindurch bei. (Abb. 140.) Noch in spätrömischer Zeit dürften derartige Pflüge nicht allzu selten benutzt worden sein.



Abb. 140. Griechischer Hackenpflug. Vasenbild. Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

Nebenbei geht aber eine in ihren einzelnen Abschnitten als äußerst zweckmäßig sich erweisende Entwicklung. Der Ast mit dem umgebogenen hackenförmigen Ende ist in der gerade geeigneten Form nicht immer leicht aufzufinden, das Ende ist in der Regel zu schmal. Deshalb stellt man es besonders her und befestigt es durch Anbinden oder Verpflocken mit dem Aste: Pflugschar und Deichsel werden Gegenstände der Einzelanfertigung. Zusammengesetzt bilden sie den Pflug. (Abb. 141.) Derartiger alter Holzpflüge bedienten sich die Babylonier; sie sind uns aus ägyptischer Zeit erhalten, die Römer bevorzugten zu ihrer Anfertigung besondere Holzarten,



Abb. 141. Kaffern mit zusammengesetzten Pflügen, wie sie auch viele Völker des Altertums verwendeten, und Harken.

vor allen die Steineiche, die Kermeseiche, den Lorbeer und die Ulme. Vielfach stellt man die Pflugschar aus Metall her: dann nützt sie sich weniger ab, Steine vermögen sie nicht in dem Maße zu verletzen, wie dies beim Holze der Fall ist, und infolge des größeren Gewichtes und des schärferen Randes durchschneidet die bronzene oder eiserne Schar leichter den Boden.

Aber noch einen Fehler hat dieser Pflug: er läßt sich nur schwer lenken. Deshalb bringt man einen besonderen zum Lenken dienenden Handgriff, den „Sterz", an, aus dem, um beide Hände zur Führung des Pfluges verwenden zu können, allmählich zwei Sterze werden. Die Deichsel, der „Pflugbaum", wird verlängert und schließlich entsteht zwischen ihm und dem Lenkgriffe, dem Sterz, noch eine besondere Verbindung, die „Griessäule", die die Handhabung erleichtert. In dieser Form des verbesserten Hackenpfluges tritt uns der Pflug bei vielen Völkern des Altertums, vor allem aber bei denen des Orients und bei einzelnen der Mittelmeerländer (Ägyptern und Etruskern) entgegen. Er wird auch von den Griechen und Römern da benutzt, wo reichliche Regenmengen einen lockeren Boden schaffen. Als besonders brauchbar erweist er sich aber überall da, wo, wie im Nildelta oder im Überschwemmungsgebiete des Euphrat, von den Flüssen ein weicher und deshalb leicht zu bearbeitender, von Steinen freier Schlamm abgesetzt wird.

Wo jedoch die Bearbeitung des Bodens höhere Anforderungen an die Wirksamkeit des Pfluges stellte, entwickelte sich auch der Pflug weiter. Insbesondere ist dies bei den Griechen und den Römern der Fall, wo neben dem eben beschriebenen einfachen Hackenpflug verbesserte Pflüge Anwendung finden. Man behält, insbesondere bei den Römern, den Pflugbaum (emo), die Sterze (stiva), ihren Handgriff (manicula) und die Griessäule (buris oder bura) bei, bringt jedoch, indem man die Schar schrägstellt, noch eine besondere Pflugsohle (dentale) an, durch die der Schar eine bessere Führung gegeben wird. Die Schar hatte zunächst die Form eines Keils und heißt als solche „vomer." Um ein Wenden der Scholle herbeizuführen, macht man sie einseitig, gibt ihr die Grundform eines rechtwinkligen Dreiecks und setzt ein einziges Streichbrett daran. Zuletzt krümmt man Pflugschar und Streichbrett zu einer Schraubenfläche, man erhält eine langgestreckte, gewölbte Schar (rectis rostratus) durch die die Scholle bei Anwendung einer viel geringeren Zugkraft gewendet wird. Da aber die Rasennarbe des Bodens sich mit dieser Schar schwer durchschneiden läßt, so daß zur Führung des Pfluges immerhin noch ein ziemlicher Kraftaufwand notwendig ist, so befestigt man vor ihr ein besonderes Pflugmesser, das die Rasennarbe zerschneidet, ehe die Pflugschar daran kommt, „Sech" (culter), das sich, ebenso wie das später gleichfalls noch hinzugekommene Rädergestell, schon bei altgriechischen Pflügen findet. Auf diese Weise entstand bereits im Altertume bei den Griechen, insbesondere aber bei den Römern, ein Pflug, der in späterer Zeit dem heutigen einfachen Landpfluge glich, und von dem uns noch zahlreiche Funde, insbesondere Pflugscharen und Seche, erhalten sind.

Die Technik des Pflügens.

Herodot (II 14) berichtet von den unterhalb Memphis wohnenden Ägyptern: „Sie brauchen sich nicht zu quälen, Furchen aufzubrechen mit dem Pfluge, noch zu hacken, noch mit irgendeiner andern Arbeit, mit der andere Menschen sich auf dem Felde quälen, sondern der Fluß kommt von freien Stücken auf ihre Äcker und bewässert sie, und wenn er sie bewässert hat, verläßt er sie wieder, und dann

besät ein jeder seinen Acker und treibt die Schweine darauf, und wenn die Schweine die Saat eingetreten, dann wartet er die Erntezeit ab und drischt das Korn aus durch die Schweine und dann bringt er es in seine Speicher". Diese Stelle könnte zu der Annahme verführen, daß der Pflug in einem Hauptteil Ägyptens nicht benutzt worden sei, eine Annahme, die in der Allgemeinheit, wie sie Herodot ausspricht, sicherlich nicht richtig ist. Über die altägyptische Pflugarbeit berichten Diodor (I 36) (1. Jahrh. v. Chr.) und Columella (de re rustica II 25) (1. Jahrh. n. Chr.), daß die Ägypter mit leichten Pflügen leichte Furchen auf der Oberfläche des Landes zogen, eine Art zu pflügen, die die Römer „scarificatio" nannten. Von der altägyptischen Pflugarbeit sind uns Darstellungen sowie mannigfache Überreste erhalten, die uns über die Form und Handhabung des Pfluges eingehende Auskunft geben. Diesen Darstellungen zufolge scheinen die Ägypter neben dem Pfluge mit Vorliebe noch die Harke verwendet zu haben, die aus Holz hergestellt war und in ihrer Form dem großen lateinischen A glich. (Abb. 142) Der Querbalken des A bestand aus einem zusammengedrehten Stricke. Ferner wird die Saat oft vor dem Pflug ausgestreut, um sogleich in den Boden eingepflügt zu werden. Bei trockenen Schollenäckern scheint der ägyptische Pflug in mancher Beziehung versagt zu haben: es läßt sich dies daraus schließen, daß auf einer Darstellung aus dem Grabe Chaemhats vor dem Pflug Arbeiter einherschreiten, die mit einer Art von Hämmern die Schollen zerschlagen.



Abb. 142. Ägyptische Harke. Länge 70,7 cm.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Tiefere Furchen als die Ägypter stellten die Römer her, die überhaupt sehr tüchtige Landwirte waren. Sie kannten (ebenso wie auch die Ägypter) Dünger und Fruchtwechsel (Plinius XVII 6; XVIII 53 usw.), wie auch die sogenannte „umschlägige Feldwirtschaft": ein Jahr Brache, ein Jahr Anbau. Die Brachfelder dienten als Weide. Der römische Landwirt pflügte nicht einfach hin und her, sondern meist über das Kreuz, ja auf manchen Äckern wurde sogar siebenmal gepflügt, ehe man zur Aussaat schritt. Wieweit die Technik der Erdkultur vorgeschritten war, darüber geben uns verschiedene Berichte Auskunft. So schreibt M. Terentius Varro (116—27 v. Chr.) (de re rustica): „Wenn man zum drittenmal nach der Aussaat pflügt, setzt man Brettchen an die Schnur, bedeckt die gesäete Frucht mit Beetrücken und zieht Furchen, damit das Regenwasser abfließt". Plinius aber, der bereits vier Arten von Pflügen kennt (XVIII 48), berichtet uns von dem Gebrauche der Egge (rastum) (XVIII 49), mit der die Erdschollen zerkleinert, die Grasnarbe zerstört und das Unkraut vertilgt wird: „Nachdem der Acker zum zweitenmal gepflügt worden, wird er geegget, entweder mit einem Flechtwerk (welches Stacheln hat) oder mit der eigentlichen Egge, je nachdem es nötig ist, und wenn man gesäet hat, wird noch einmal geegget". Im übrigen war die Egge auch den Ägyptern und Juden bekannt, die Griechen hingegen scheinen sie nicht benutzt zu haben.

Über die Art und Weise des Ackerbaus bei den Germanen sind wir, wenigstens

soweit es sich um die Technik der Bodenbearbeitung handelt, leider nur in sehr geringem Umfang unterrichtet. Tacitus erzählt lediglich: „Alljährlich wechselt man mit dem Ackerlande, und es bleibt immer noch ein Teil brach liegen. Denn sie wetteifern nicht durch Fleiß mit der Ertragfähigkeit und Ausdehnung des Bodens, indem sie Obstpflanzungen anlegten, Wiesen abgrenzten, Gärten bewässerten. Nur sein Getreide fordert der Germane dem Boden ab. Daher teilt er auch das Jahr nicht in vier Zeiten: von Winter, Frühling und Sommer hat er Worte und Begriff, des Herbstes Name ist, wie seine Gaben, unbekannt." Zahlreiche Funde aus vorgeschichtlicher,

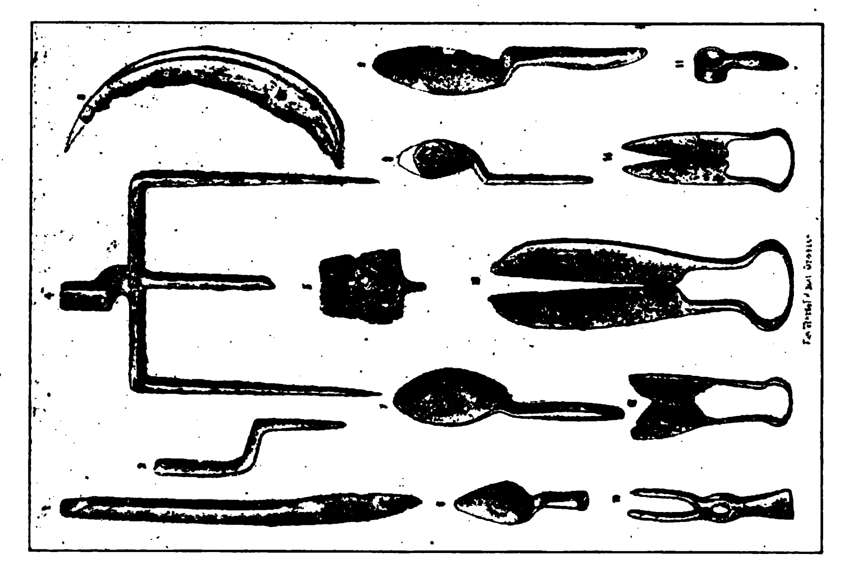


Abb. 143. Römische landwirtschaftliche Gerätschaften.

insbesondere aber aus der La Tène-Zeit (400 v. Chr. bis zu Chr. Geburt) lassen darauf schließen, daß man bei Beginn der geschichtlichen Periode auch in Germanien Ackergeräte, insbesondere Pflüge benutzt hat, die den römischen glichen. Insbesondere ist die Verwendung des losen nach rechts und links stellbaren Streichbrettes verbürgt, ebenso wie die des feststehenden. Auch Hacken hat man bei der Bestellung des Ackers verwendet.

Die Behandlung des Getreides.

Sichel und Sense stehen gleichfalls bei fast allen Völkern des Altertums, und zwar bereits in ihrer vorgeschichtlichen Zeit, im Gebrauch. Sie werden noch zu geschichtlicher ägyptischer Zeit mit Feuersteinschneide, später jedoch aus Bronze und Eisen hergestellt. Die Klinge wird vielfach gezahnt. Im übrigen glichen diese Gerätschaften in Form, Handhabung und Wirkung ziemlich genau den unsrigen.

Das geerntete Getreide wurde gedroschen, und zwar im Anfang wohl allgemein durch eine äußerst primitive Technik, nämlich dadurch, daß man Tiere, vor allem Ochsen, auf den ausgebreiteten Halmen herumtrieb. Wie alt diese

Technik ist, läßt sich daraus ersehen, daß sie bereits bei Homer erwähnt wird (Ilias XX 495):

„Wie wenn ein Mann ins Joch breitstirnige Stiere gespannet,
Weiße Gerste zu dreschen auf rundgeebneter Tenne;
Leicht wird zermalmt das Getreide vom Tritt der brüllenden Rinder."

Auch die Bibel schreibt vor (5. Buch Mose 25, 4; Korinther I 9, 9; Timoth. 5, 18), daß man dem Ochsen, der da drischt, das Maul nicht verbinden soll.

Der von Treibern angetriebene Ochse wurde vielfach durch andere Tiere, Maulesel, wahrscheinlich auch Esel und Pferde, ersetzt. Auch Dreschflegel standen im Gebrauch, die allerdings keinen beweglichen Schwengel hatten, sondern jedenfalls nur aus Stecken bestanden, mit denen man auf das Getreide losschlug.[1]) Die Römer endlich hatten Dreschmaschinen, von denen eine besondere Art, das „plostellum Poenicum" angeblich von den Karthagern erfunden worden sein soll. Wie es aussah, wissen wir nicht, wahrscheinlich handelt es sich um eine Walze. Eine andere Dreschmaschine, das von Varro (de re rustica I 52) beschriebene „tribulum" war eine mit Steinen oder Eisen unten aufgerauhte Holztafel, die mit Steinen und durch das Gewicht des Lenkers beschwert war und von Ochsen über das Getreide hinweggeschleift wurde. Es scheint, daß durch die rauhe Unterfläche die Körner herausgedrückt oder herausgequetscht wurden. Ein sehr klares Bild gibt die eben erwähnte Beschreibung nicht, doch glich das Gerät vielleicht jenem, wie man es heute noch in Syrien und bei arabischen Stämmen verwendet. Es besteht aus einem mit Ochsen bespannten hölzernen Stuhlschlitten, unter dessen Kufen scharfe Steine befestigt sind. Varros lateinischer Text läßt auch diese Deutung zu.

An das Dreschen schloß sich dann die Absonderung der Spreu, das „Worfeln" an. Man gab die Körner — und zwar, wie uns erhaltene Funde zeigen, schon in ägyptischer Zeit — in flache geflochtene, schalenförmige Körbe oder in flache Holzbottiche von mäßiger Größe, die an ihren Schmalseiten bequem gepackt werden konnten. Dann warf man den Inhalt, sobald ein stärkerer Wind wehte, in die Luft. War kein Wind, so machte man ihn, wie die altägyptischen Darstellungen zeigen, auf künstlichem Wege durch Wedeln mit einem Fächer oder Wedel. Die Griechen und Römer benutzten in diesem Falle das Sieb. Die schweren Körner fielen zurück, die leichtere Spreu wurde vom Winde davongeführt. Auch der Schaufel bediente man sich in gleicher Weise.[2]) Des weiteren standen Holzgabeln im Gebrauch, um die Trennung der Körner von der Spreu zu bewirken. Mit diesen Verfahren war das Getreide dann soweit vorbereitet, daß es seinem eigentlichen Verwendungszwecke, der Bereitung von Speisen, insbesondere von Brot, sowie der Herstellung von Getränken zugeführt werden konnte. Man bewahrte es nun in Speichern auf, aus denen es nach Bedarf entnommen wurde.

Literatur zum Abschnitte „Der Ackerbau" siehe hinter dem Abschnitte „Die Gärungstechnik".

---

[1]) Siehe Abb. 167 S. 103 oben rechts.
[2]) Siehe Abb. 167 S. 103 oben Mitte.

Die Gärungstechnik.

Die Bäckerei.

Die Bereitung des Brotes war — und zwar wohl bei allen Völkern des Altertums — im Anfang eine rein häusliche Technik, die ausschließlich der Frau und ihren Gehilfinnen oblag. Erst ziemlich spät, nämlich während des Krieges gegen König Perseus von Mazedonien im Jahre DLXXXII seit Gründung der Stadt (etwa 171 v. Chr.), kam der besondere Stand der Bäcker auf (Plinius XVIII 107). Bis dorthin wurden alle einzelnen zur Herstellung des Brotes nötigen Verrichtungen, also Mahlen, Ansetzen des Teiges, Gärenlassen, Backen usw. usw., im Hause vorgenommen. Auch die Entstehung des Bäckerstandes vermochte die häusliche Brotbereitung nicht vollkommen einzuschränken, wie jetzt ja auch in vielen Haushaltungen, insbesondere in kleineren Städten und auf dem Lande, das „Hausbrot" noch wirklich ein solches ist. Der Bäcker war, wie uns neben anderen Quellen vor allem auch die Funde in Pompeji beweisen, wo Mühlen und Bäckerei in einem einzigen Anwesen vorhanden sind, zugleich auch Müller. Erst in noch späterer Zeit trennen sich auch hier die beiden Gewerbe.

Diese Entwicklung ist auf die der Technik nicht ganz ohne Einfluß geblieben. Die verwendeten Gerätschaften waren erst so ausgestaltet, daß sie auch durch die schwächeren Kräfte des Weibes gehandhabt werden konnten. Später werden sie größer, leistungsfähiger, auf den handwerksmäßigen Betrieb zugeschnitten. Schließlich aber geht die Entwicklung der Mühle ihren eigenen Weg, wobei die Größe der Leistung weit über das Bedürfnis des einzelnen Bäckereibetriebs hinaus gesteigert wird. Der Müller stellt maschinelle Vorrichtungen, vor allem aber auch die Kraft des Wassers, in seine Dienste, um eine möglichst große Anzahl von Bäckereien und Haushaltungen mit Mehl versorgen zu können.

Das Mahlen des Getreides.

Für gewöhnlich dürfte man das Getreide wohl so, wie es nach der durch das Worfeln oder Sieben geschehenen Reinigung von der Spreu zur Verfügung stand, zum Mahlen verwendet haben. In manchen Fällen aber ging dem Mahlen noch eine besondere Art der Vorbereitung voran, die den Zweck hatte, die Enthülsung des Getreidekorns zu erleichtern. Diese Vorbereitung bestand im Rösten. Das Rösten wurde entweder ohne vorheriges Anfeuchten des Getreides oder nach diesem, und zwar in erster Linie mit der Gerste, dann aber auch mit noch verschiedenen anderen Getreidearten, wie z. B. dem Spelt, vorgenommen. Das vorherige Anfeuchten hatte den Zweck, durch einen osmotischen Vorgang eine vorbereitende Trennung der Hülse von den stärkemehlhaltigen Zellen des Getreidekorns zu bewirken. Hülse und Inhalt besitzen ein verschieden starkes Quellungsvermögen. Die Feuchtigkeit bringt zunächst

die Hülse zum Quellen, durchdringt sie infolge der Osmose und gelangt so an den Kern, der gleichfalls quillt. Im Zustande des Turgors, der höchsten Quellung, sind beide stark aneinandergepreßt. Trocknet man dann das Getreide, so findet ein verschieden starkes Schwinden statt, das eine Lockerung des Korngefüges bewirkt. Beim Rösten wird die Hülse spröde, so daß sie bei mechanischer Behandlung, die in Stampfen besteht, leicht abfällt. Das Rösten selbst wurde auf oder zwischen heißen Steinen bzw. im Ofen vorgenommen, wobei man die Körner in ein besonderes Gefäß legte. Hülse und Körner wurden nach dem Rösten und Stampfen durch Siebe getrennt.

„Mahle, Mühle, mahle!
Denn auch Pittakos mahlte,
Des großen Mytilene Beherrscher"

singt Plutarch (um 50—120 n. Chr.), und da auch die Bibel im Alten Testament sowie auch die Edda derartige „Müllerlieder" erwähnen, so darf man annehmen, daß das Mahlen schon zu alten Zeiten eine fröhliche und gern von Gesang begleitete Beschäftigung war, die, wie sich aus diesen Umständen schließen läßt, gerade bei der Verwendung sehr primitiver technischer Gerätschaften durchaus nicht derart anstrengte, wie es uns vielleicht erscheinen mag. Die älteste Art des Mahlens war das Zerreiben und Zerstampfen des Getreides. Altägyptische Darstellungen, insbesondere aber hübsche Plastiken sowie auch mehr oder minder roh gefertigte Totenbeigaben, lassen uns erkennen, in welcher Weise das Zerreiben vorgenommen wurde. Ein Stein, der vielfach an seiner Oberfläche zu einer flachen Mulde ausgehöhlt war, wurde so abgeschrägt oder aufgestellt, daß sein vorderes Ende tiefer lag als das hintere. An diesem letzteren kniete die Frau nieder und zerrieb mittels eines zweiten kleineren Steins die Körner in der Vertiefung des ersten. Die Bewegung war nicht nur ein reines Schieben, sondern es wurde auch eine Stoßwirkung ausgeübt. Mit Recht sprechen deshalb die Römer später, als auch noch andere Arten von Mühlen in Gebrauch kommen, von dieser Art der Mühle als von einer „mola trusatilis", was man mit der Bezeichnung „Stoßmühle" wiedergeben kann. Da „trusare" ein tüchtiges, kräftiges Stoßen bezeichnet, so verrät uns dieser Ausdruck zugleich die technisch wichtige Tatsache, daß bei der Verwendung dieser Mühlen das Reiben und Quetschen

Abb. 144 u. 145. Handmühlen aus Trachyt
Durchmesser 22,5 bzw. 28 cm.
Gefunden zu Hissarlik (Troja).



Abb. 146. Ägyptischer Reibstein
zum Zerreiben des Getreides. Länge 13,5 cm.
Fundort Theben.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 147. Kornreibende Dienerin.
Ägyptische Plastik aus Kalkstein. Körper rotbraun, Schurz weiß, Reibstein rot bemalt. Länge 41 cm.
Fundort Sakkara.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilg.

gegenüber dem Stoßen zurücktrat. Für das Reiben und Quetschen dienten als Unterlage in erster Linie die nicht muldenartig vertieften Steine, zu denen ein flacher Handstein mit breiter Auflagefläche gehörte, wie er uns in den oben erwähnten altägyptischen Plastiken gleichfalls entgegentritt. Im übrigen haben spätere Vervollkommnungen der Mühlen diese alten Reib-, Quetsch- und Stoßmühlen nicht zu verdrängen vermocht. In den Lagern der römischen Grenzsoldaten in Germanien fand man Reibschüsseln, die aus Ton hergestellt waren, in dessen Masse man Quarzsplitter eingedrückt hatte. Darin zerrieben die Soldaten die Weizenkörner unter Zusatz von Wasser, wobei sie unter Ausschaltung der Zwischenstufe der Mehlbereitung sofort einen zum Verbacken geeigneten Brei erhielten. In Anbetracht der verhältnismäßig geringen bei den eben genannten Arten von Mühlen aufgewendeten Kraft war auch die erzielte Leistung keine besonders große. Über sie hat Ringelmann auf Veranlassung von Hèron de Villefosse im „Institut National Agronomique" zu Paris Versuche angestellt, aus denen hervorgeht, daß man beim Mahlen kein eigentliches Mehl, sondern eine Art von Getreidegrieß erhielt. In der Stunde ließen sich nur 288 g gemahlenes Korn erzeugen. Villefosse schließt hieraus, daß vor Verbesserungen der Mühlen wohl nur verhältnismäßig wenig Brot und Brotkuchen gegessen wurden, die wahrscheinlich eine Luxusnahrung waren. Es ist vielmehr zu vermuten, daß man das Getreide einweichte und es dann kochte, in ähnlicher Weise, wie dies auch heute noch mit den Bohnen, Erbsen und Linsen geschieht.



Abb. 148. Reibschüssel aus Ton mit eingebetteten Quarzsplittern. Gefunden in einem römisch-germanischen Grenzlager. — Museum Mainz.

In Übereinstimmung hiermit stehen die Stellen bei Homer, Ilias 558—560 und Odyssee XIV 76, 77, wo in ersterer von einem aus Mehl bereiteten „Mus" in letzteren davon die Rede ist, daß das Mehl zum Bestreuen, also zum, wie man heute sagen würde, „panieren" des Bratens verwendet wurde. Plinius (XVIII, 19) spricht gleichfalls davon, daß man aus dem zerquetschten Mehl Brei oder Klöße (offa) bereitete.

Die geringe Leistungsfähigkeit dieser ältesten, aber doch so lange gebrauchten Mühlen führte dann bei den verschiedenen Völkern zu allen möglichen Verbesserungen. Ohne solche sind auch Leistungen gar nicht denkbar, wie z. B. jene, die der Pariser „Papyrus Rollin" angibt, der berichtet, daß durch den Vorstand der Bäckerei des Königs 114 064 Brote geliefert wurden. Eine derartige Verbesserung bestand in Ägypten zunächst darin, daß man den Mahlstein höher machte, so daß die Arbeit anstatt im Knien im Stehen ausgeführt werden konnte. Derartige Mahlsteine kommen im neuen Reiche auf. Dann aber ersetzte man die Arbeit der Frauen durch die der Männer. Männerarbeit am Mahlsteine berichtet die Bibel von Simson (Buch der Richter XVI 21), sie wird aber auch durch verschiedene Darstellungen bezeugt. In Griechenland und Rom, wahrscheinlich aber auch in den anderen Ländern, durften jedoch Freie nicht gegen ihren Willen mit Mahlen beschäftigt werden. Es war dies eine Arbeit für Sklaven und Verbrecher, die obendrein vielfach noch durch einen breiten um den Hals gelegten Holzring daran gehindert wurden, von dem Getreide oder Mehl zu genießen.

Außer dem Mahlsteine stand noch der Mörser vielfach im Gebrauch, in dem das Getreide zerstampft wurde. Derartige Mörser hat bereits Schliemann in Troja ausgegraben, und zwar ein Mörsergefäß aus Basalt und eine Keule aus hartem Kalkstein, die aber nicht zusammengehörten, also scheinbar von verschiedenen Gerätschaften herstammten. Wahrscheinlich waren Gefäß und Keule stets aus gleichem Material. Außerdem geben uns Vasenbilder und vor allem eine hübsche Tanagrafigur des Berliner Museums, die aus dem 5. Jahrhundert v. Chr. stammt, davon Kunde, in welcher Weise das Zerstampfen geschah. Der eigentliche Mörser stand auf einem Untersatz,





Abb. 149 u. 150. Mörser aus Basalt und Mörserkeule aus hartem Kalkstein.
Durchmesser des Mörsers 32,5 und 25 cm, Länge der Keule 14, Durchmesser ihrer Stoß- und Reibfläche 4 cm. Troja.



Abb. 151. Griechische Frauen, Getreide im Mörser stampfend.
Griechisches Vasenbild.

und zwar in solcher Höhe, daß sein oberer Rand den Arbeitenden ungefähr bis an das Knie reichte, oder er war mit dem Untersatze zusammen aus einem Stück hergestellt. Die Keule war aus Holz, etwa 75 cm—1 m hoch und in der Mitte verjüngt, so daß sie an dieser Stelle bequem gefaßt werden konnte. (Abb. 151.)

Die geringe Leistungsfähigkeit aller dieser Einrichtungen ließ schon in sehr alter Zeit den Wunsch nach Verbesserungen entstehen, und so entwickelte sich aus und neben dem Mahlstein allmählich die Mühle, von deren Vorhandensein uns bei fast allen Völkern des Altertums irgendeine Kunde erhalten geblieben ist. So mußten die Juden in der babylonischen Gefangenschaft Mühlsteine transportieren (Jeremias Klagelieder V 13), das 5. Buch Mose (XXIV 6) gebietet: „Du sollst nicht zum Pfande nehmen den untersten und obersten Mühlstein", Homer schreibt (Odyssee VII, 104) von „rasselnden Mühlen", womit also keine Mahlsteine gemeint sein können, und aus Ägypten ist uns der Gebrauch von Mühlen bezeugt, wenn sich auch keine Wandgemälde erhalten haben, auf denen sie dargestellt sind. Alle diese Mühlen waren zunächst Handmühlen und dürften bei allen Völkern so ziemlich gleichartig ausgesehen haben. Die Handmühle bestand aus zwei Steinen, von denen der untere festlag, während der obere auf ihm herumgedreht wurde. Erst hob man den oberen Stein wohl immer ab, um Getreide nachzuschütten. Dann aber versah man ihn in der Mitte mit einem Loche, während der untere Stein einen Zapfen erhielt, der durch dieses Loch hindurchgesteckt wurde. Zwischen Loch und Zapfen blieb genügend Raum zum Nachschütten des Getreides frei. Am oberen Steine wird ein Handgriff angebracht, der das Drehen erleichtert, der untere erhält einen Rand, der das Herausfallen des Getreides verhindern soll, das durch eine besondere mit Führungen versehene Öffnung in gemahlenem Zustande in das daruntergestellte Gefäß läuft. (Abb. 152.) Um die Körner von der mittleren Einschüttöffnung aus über den ganzen Zwischenraum zwischen den

beiden Mühlsteinen zu verbreiten, erhalten diese radial stehende Rillen, zwischen denen im spitzen Winkel an sie anstoßende weitere Rillen angebracht werden. Diese Rillen vermehren auch die Reibung und tragen dadurch zum besseren Zerquetschen des Getreides bei.



Abb. 152. Römische Handmühle. Saalburg-Museum.

Aus der Handmühle entsteht dann in sinngemäßer weiterer Entwicklung jene besonders typische römische Mühle, wie wir sie durch die Ausgrabungen in Pompeji, durch zahlreiche Darstellungen usw. überliefert erhielten. Der Gebrauch solcher Mühlen, von denen Varro und Plinius berichten, daß sie in der Stadt Volsinii (Bolsena) in Etrurien erfunden worden seien, ist in Rom erst im 2. Jahrh. v. Chr. bezeugt. Die Entwicklung ging wohl in der Weise vor sich, daß man, um rascher mahlen zu können, am oberen Mühlsteine zunächst zwei Handgriffe anbrachte, so daß zwei Personen gleichzeitig drehen konnten, die vermutlich in der Weise verfuhren, daß sie sich die Griffe gegenseitig zuschoben. Aber immer arbeiten diese vorerst nur mit der Hand.

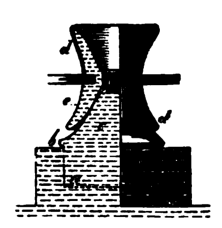


Abb. 153. Römische Mühle. (Links Durchschnitt, rechts Außenansicht.) a Grundmauer, b Fläche oder Rinne, auf der sich das Mehl sammelte, und von wo es entnommen wurde, c feststehender kegelförmiger Reibstein mit „geschwungener Profillinie". Diese Linie bewirkt, daß sich bei e eine sehr enge Stelle befindet, an der das Korn am stärksten zerdrückt wurde, d drehbarer Gegenreiber in Sanduhrform, dessen oberer Teil als trichterförmige Einschüttöffnung ausgebildet ist.

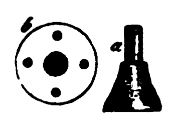


Abb. 154. Der eiserne Zapfen (a) und die Scheibe (b) im Innern der römischen Mühlen.



Abb. 155. Römische Mühle, von einem Esel angetrieben. Reliefdarstellung an einem Bäckerladen in Pompeji.

Die ganze Kraft ihres Körpers können sie erst bei einer größeren Mühle einsetzen, die aus einem kegelförmigen Bodensteine besteht. Über diesem Bodensteine dreht sich der Mahlstein, dessen Höhlung sich natürlich der Form des Kegels anschmiegen muß. Da man oben gleich den Einschütttrichter anfügt, so erhält der Mahlstein die Gestalt zweier mit ihren engsten Teilen aufeinandergesetzter Glocken, er nimmt die Form einer Sanduhr an. Damit man ihn drehen kann, werden an der engsten Stelle seiner Außenseite in der Richtung des Durchmessers zwei Zapfen angebracht, in deren Aushöhlungen Drehhebel eingesetzt werden. Wird die Mühle groß und von Tieren gedreht, so werden diese Hebel noch verbolzt oder durch ein Balkengerüst, das in Form einer Armatur über dem ganzen Einfülltrichter hinweg ging, versteift. Der schwere Mahlstein darf nicht fest auf dem Grundstein aufsitzen, er ließe sich dann ja nicht drehen, und außerdem

könnte das Getreide nicht zwischen beiden hindurchgleiten. Deshalb trägt der Grundstein noch einen Zapfen aus Eisen, auf dem der Mahlstein derart aufruhte, daß zwischen beiden noch ein schmaler Zwischenraum verblieb, der sich infolge der geschwungenen Form der Kegelfläche an einer Stelle besonders verengte. Die Verbindung des Mahlsteins mit dem Zapfen des Grundsteins geschah durch eine im Innern und an der schmalsten Stelle des Mahlsteins angebrachte Scheibe, die mit fünf Löchern versehen war. (Abb. 154.) Durch das mittlere dickste ging der Zapfen, die vier anderen führten der Mühle das Getreide zu. Durch Verlängerung des Zapfens oder bei größeren



Abb. 156. Mühlen eines Bäckers zu Pompeji.
Die sanduhrförmigen Gegenreiber sind etwa 2 Meter hoch. Besonders an den beiden hintersten Mühlen sind die Öffnungen zum Einstecken der Drehhebel deutlich erkennbar. Links der Backofen, davor am Boden der Trog zum Aufnehmen des Wassers.

Mühlen des Balkens, der die Holzarmatur des Einfülltrichters trug, konnte man gröberes Mehl erzielen. Das Drehen dieser Mühle geschah entweder durch Tiere, in der Regel durch Esel oder Maulesel, oder durch Menschen, d. h. Unfreie, also Sklaven oder Verbrecher. (Abb. 153—156.)

Später kamen dann die Wassermühlen auf, die Vitruv (X 5) beschreibt (nach Reber [Abb. 157]): „Auf dieselbe Weise (d. h. durch das unterschlächtige Wasserrad) werden auch die Wassermühlen getrieben, bei welchen sonst alles dasselbe ist mit Ausnahme des Umstandes, daß an einem Ende der Welle ein Zahnrad (a) läuft. Dieses aber ist senkrecht gestellt und dreht sich gleichmäßig mit dem Schaufelrad in derselben Richtung: in dieses eingreifend ist ein zweites kleineres Zahnrad (b) angebracht, welches in einer Welle (c) läuft, die am oberen Ende einen eisernen Doppel-

schwalbenschwanz (e) hat, welcher in den Mühlstein eingekeilt ist. So zwingen die Zähne jenes an die Welle (des Schaufelrades) angefügten Zahnrades dadurch, daß sie, in die Zähne des wagrechten Zahnrades eingreifend, dieses treiben, die Mühlsteine (d) zur Umdrehung; die über dieser Maschine hängende Gosse (f) gibt den Mühlsteinen immer das Getreide zu, und durch dieselbe Umdrehung wird das Mehl gemahlen."

Es ist eigenartig und zeugt für die lange Lebensdauer einzelner technischer Konstruktionen, daß sich diese von Vitruv beschriebene altrömische, mit tiefliegendem unterschlächtigen Wasserrad ausgestaltete Mühle bis auf den heutigen Tag in einzelnen Gebieten erhalten hat, die auch noch sonstige Überbleibsel ihrer einstigen Zugehörigkeit zum römischen Reich oder ihrer Abstammung von den Römern aufweisen. So fand ich diese Mühle z. B. in den hintersten Teilen des Grödnertals, wo auch jetzt noch eine aus dem Lateinischen abgeleitete Sprache gesprochen wird. Das Merkwürdige an diesen Mühlen war aber, daß das von Vitruv beschriebene unterschlächtige Wasserrad auch stets da zur Anwendung kam, wo alle Bedingungen für die Verwendung eines ober- oder mittelschlächtigen und damit für die Erzielung einer größeren Leistung gegeben gewesen wären (s. Abb. 297 S. 231).

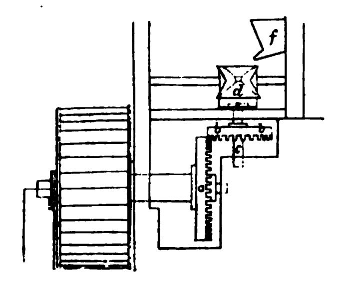


Abb. 157. Römische Wassermühle nach Vitruv.

An Stelle des Wasserrades wurde oft auch das Göpelwerk (siehe Seite 220) angewendet. Im 6. Jahrh. n. Chr. entsteht dann die Schiffsmühle, deren Erfindung dem Umstande zuzuschreiben ist, daß der Gotenkönig Vitiges bei der Belagerung Roms im Jahre 536 n. Chr. die Wasserleitungen verstopfen ließ. Die Tiere, die die Mühlen gedreht hatten, mußten infolge Wassermangels geschlachtet werden, die Sklaven brauchte man zur Verteidigung, und so ließ Belisar die Mühlen auf Schiffen aufstellen, die auf dem Tiber lagen. In technischer Hinsicht gewährt die Schiffsmühle den Vorteil, daß sie von der Höhe des Wasserstandes unabhängig ist. Das unterschlächtige Wasserrad findet, da sich auch das Schiff bei niedrigem Wasserstande senkt, stets Wasser, wodurch ein Nachteil, der ihm sonst anhaftet, und der zur Anbringung besonderer Stauweiher, Wehre usw. führt, ausgeschaltet wird.

Das Backen des Brotes.

Man stellte im Altertume die verschiedensten Mehlsorten her, aus denen man Gerichte aller Art bereitete. Zum Backen des Brotes benutzte man jedoch in der Hauptsache Weizenmehl, obschon auch manche andere Fruchtarten (Gerste, Roggen, Hirse, Hafer usw.) sowie mancherlei Zusätze (Öl, Milch, Wein, Mohn, Sesam usw. usw.) zur Verwendung kamen. So berichtet z. B. Herodot, daß die Ägypter Spelt (II 77, 78), sowie daß sie die Körner der Lotosblume (II 92) zur Brotbereitung verwendet hätten; altnordische Brote von der skandinavischen Halbinsel waren nach Untersuchungen von Rosendahl, die im Stockholmer pharmazeutischen Institut vorgenommen wurden, aus Kiefernrinde und Erbsenmehl hergestellt usw. usw. Zunächst genoß man wohl überall nur einen Brei aus Mehl und Wasser, kochte also eine Art von Polenta.[1]) Um diesen Brei, der leicht verdarb und insbesondere sauer wurde,

[1]) Siehe Seite 93.

besser aufbewahren zu können, ging man dann wohl zum Backen über, das zunächst in heißer Asche oder vielleicht auch auf heißen Steinen vorgenommen wurde. Wenigstens deutet die verkohlte Rinde mancher sehr alter Funde auf ein derartiges Backverfahren hin. Dieses Brot war ungesäuert und wurde meist in die Form von Scheiben gebracht, die dann gebacken wurden. Wenn Homer und die Aeneis erzählen, daß das Brot als Teller benutzt und dann gegessen wurde, so wird diese Erzählung durch die Scheibenform des ungesäuerten Brotes verständlich. Die Bereitung des Sauerteigs scheint eine Erfindung der Ägypter zu sein, durch die der ungesäuerte ungegorene Fladen erst zu dem wurde, was wir heute unter „Brot" verstehen. Aus Ägypten wird dann die Kenntnis des Sauerteiges auf die Griechen und noch später auf die Römer übergegangen sein. Bei den Griechen, die den Dionysos als den Erfinder des Brotbackens feiern, wurde das Brot die Grundlage der Mahlzeit. Außer aus Weizenmehl wurde es auch aus Gerstenmehl bereitet. Die Rinde diente als Löffel für die anderen Speisen; sie wurde nicht verzehrt, sondern nach dem Gebrauch unter den Tisch geworfen. Man aß sowohl gesäuertes wie ungesäuertes Brot, und manche Bäcker von Athen, wie z. B. Thearion, waren sehr berühmt.



Abb. 158. Ägyptischer Kornspeicher mit davor befindlicher Bäckerei.

Im Hofe mahlt eine Figur Korn durch Reiben auf dem Reibstein, daneben (links) sind 2 Personen am Backofen beschäftigt, der unten geheizt und auf dessen flacher Oberseite das Brot gebacken wird. Dahinter der Speicher, auf dem Brote und Kornsäcke hinaufgeschafft wurden und auf dessen Dach an einem Tisch ein Schreiber sitzt, der den Betrieb überwacht und die Listen führt. Grabbeigabe.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Um nun das Brot herzustellen, verwendete man Mehl von verschiedener Feinheit, das vorher gesiebt worden war. Gebeuteltes Mehl war im Altertum unbekannt. Die Ägypter stellten ihre Mehlsiebe in verschiedener Maschenweite aus den fein zerrissenen Blattstreifen der Papyrusstaude oder aus Binsen her. Die römischen Mehlsiebe bestanden aus Leinwand oder aus Pferdehaaren, die man aus Gallien bezog. Sie glichen in bezug auf die Form den unsrigen. Die Bereitung des Teiges geschah durch Kneten. Wenn Herodot (II 78) von den Ägyptern behauptet: „Den Teig kneten sie mit den Füßen und den Lehm mit den Händen", so stimmt dies wohl nicht ganz, denn altägyptische Plastiken zeigen uns, daß man in Ägypten zum Kneten einen Trog aus feinem Geflecht verwendete und daß man dazu, ebenso wie wir es zu tun pflegen, die Hände benutzte. Aus den Maschen des Geflechtes lief das überschüssige Wasser in einen daruntergestellten steinernen Krug ab. Außerdem benutzte man in Ägypten zum Kneten noch steinerne Tröge. Neben Steintrögen hatten die Römer auch noch hölzerne für den Haushaltungsgebrauch, während in den Bäckereien, wie z. B. in der von Pompeji, wohl ausschließlich große flache Tröge aus Stein Verwendung gefunden haben dürften. Eine altägyptische Darstellung im Museum zu Bulak zeigt uns, daß man große Kraft anwendete, um den Teig kräftig durchzukneten. Aus dem Bestreben, sich diese Arbeit zu ersparen, sind dann mechanische Knetwerke hervorgegangen, über deren Einrichtung uns insbesondere pompejanische Funde Aufschluß geben. Sie bestanden aus einem Knettrog von rundem Querschnitt, in dem eine senkrecht nach oben gehende hölzerne Welle stand. An ihr saßen Flügel, die bis

fast an die Innenwände des Knettroges hinanreichten. Um den Teig, der sich zwischen den Flügeln ansetzte, abzustreifen, ragten seitlich durch die Wände des Knettroges

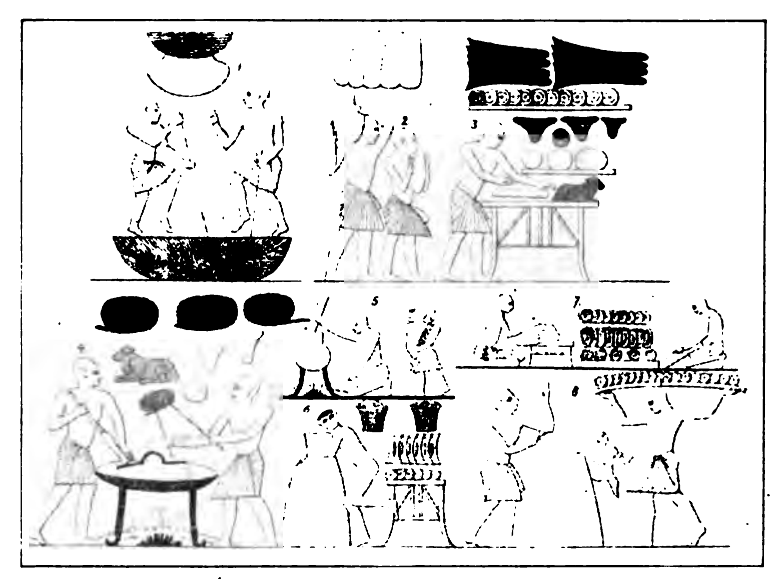


Abb. 159. Bäckerei in Ägypten.

Als Deutung kann nach Ansicht des Verfassers die folgende als richtig angenommen werden: 1. Kneten des Teiges mit den Füßen; 2. Wasserträger, die Wasser zum Anmachen des Teiges heranbringen; 3. Formen des Gebäcks, darüber fertige größere und kleinere Brote, 4. der von unten geheizte Backofen, auf dessen Platte gebacken wird, dessen Einrichtung der auf der vorhergehenden Darstellung entspricht; 5. (?); 6. Aufmauern eines Backofens für eine andere Art von Gebäck; 7. Formen dieses Gebäcks, das der Mann links aus dem Teig auszustechen scheint; 8. der mit diesem Gebäck gefüllte Backofen, aus dem oben die Flammen herausschlagen.

hindurch feststehende Stangen ins Innere. Sie waren derart angebracht, daß sie beim Drehen der Flügel zwischen diese zu liegen kamen, so daß der Teig an ihnen hängen blieb, der dann infolge seiner Schwere von selbst abfiel. Die Knetmaschine wurde, wie uns alte Reliefs zeigen, durch die Kraft von Menschen oder Tieren gedreht. Um die Drehung vornehmen zu können, war die senkrechte Welle mit einem Querbalken versehen (Abb. 160).

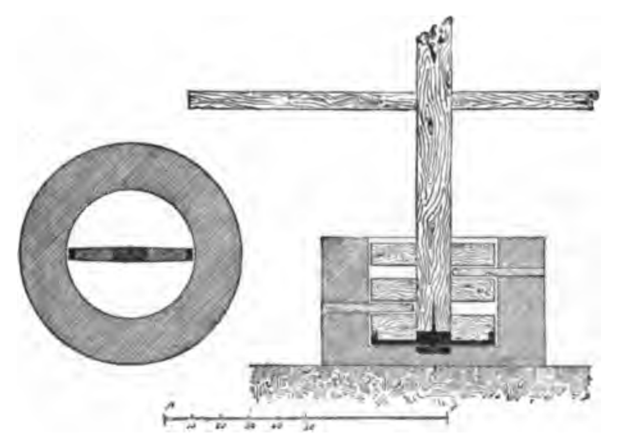


Abb. 160. Mechanisches Knetwerk. Pompeji.

Vor dem Kneten wurde der Teig gesalzen und gesäuert. Zum Säuern benutzten die Römer ein an der Sonne getrocknetes Gemisch von Kleie und gärendem Most, das sich das ganze Jahr über aufbewahren ließ. Zu Plinius Zeiten bewahrte man, wie jetzt bei uns, Sauerteig von einem Tage zum anderen auf

(Plinius XVIII 107). Plinius (XVIII 12)) kennt zwar auch die Hefe, die er als „verdichteten Schaum" bezeichnet, der sich bei der Gärung des Bieres (s. unten) bildet; er erwähnt jedoch nicht, daß sie von den Römern bei der Brotbereitung verwendet wurde, sondern erzählt nur, daß sie die Gallier und Spanier statt des Sauerteigs zum Brotbacken verwenden. Außer der biologischen Gärung durch hefehaltigen Sauerteig war auch noch das Auftreiben des Brotes durch Backmittel bekannt. Ob nun als Backmittel wirklich Soda verwendet wurde, wie aus einer Stelle in Geoponica II. 33, 1, geschlossen werden könnte, erscheint mehr als zweifelhaft, da die Soda erst bei 850° schmilzt, also bei einer Temperatur, die im Innern eines in einen Backofen eingeschobenen Teiges niemals herrschen konnte; aber auch im geschmolzenen Zustande gibt Soda keine Kohlensäure ab. Ein Auftreiben des Teiges durch entweichendes Kristallwasser ist aus verschiedenen Gründen gleichfalls nicht anzunehmen, so daß man also wohl auf eine andere Bedeutung des Wortes νίτρον a. o. O. schließen darf. Der gleichfalls an Stelle des Sauerteigs verwendete Saft eingewässerter und dann ausgedrückter Trauben wirkt durch seinen Gehalt an Hefe.

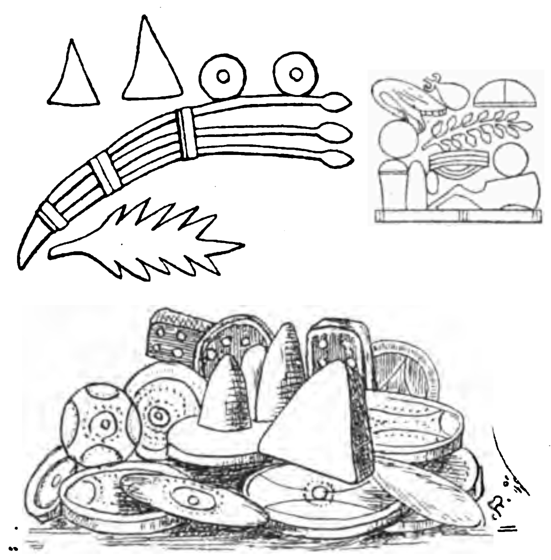


Abb. 161—163. Ägyptische Brotformen.
Die Formen der Brote stimmen zum Teil mit denen in Abb. 159 überein; sie lassen erkennen, daß sie teils durch Kneten und Formen, teils durch Ausstechen aus flachem Teig erhalten wurden. Es sei noch darauf hingewiesen, daß die pyramidenförmigen Brode (πυραμίδες) ein für gottesdienstliche Zwecke bereitetes Gebäck waren, das später auch den Pyramiden den Namen gegeben hat. (Diels.)

Das Backen geschah, wie schon erwähnt, zuerst in glühender Asche oder auf heißen Steinen, vielleicht auch auf Rosten, auf deren Verwendung eine aus dem 5. Jahrhundert v. Chr. stammende Tanagrafigur eines angeblichen Bäckers hinzudeuten scheint, später in Backöfen. Der Backofen hatte im Anfange keinen besonderen Backraum. Man legte die Brote in ähnlicher Weise darauf, wie man sie vorher auf die Asche



Abb. 164. Bäcker aus Tanagra. (5. Jahrh. v. Chr.) Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

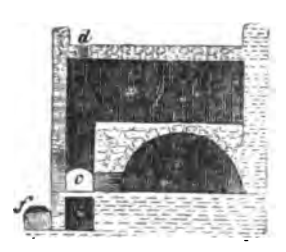
oder auf bzw. zwischen heiße Ziegelsteine gelegt hatte (s. Abb. 158 u. 159). Ein Bild der Hofbäckerei Ramses III. (um 1200 v. Chr.) in seinem Grabe zu Theben zeigt uns den etwa einen Meter hohen Backofen, der innen geheizt wird; die Brote werden außen auf den heißen Seitenwänden angeklebt und hier gebacken. Später wird der



Abb. 165. Pompejanischer Backofen
an der Casa di Sallustio; unten die Feuerung, daneben (rechts) am Boden Reste des Wasserbehälters, darüber der Einschießraum mit zum Abstellen der Einschießbretter dienendem Vorraum, darüber (eine Seltenheit!) ein Schornstein. Im Hof Reste von Mühlen.

Backofen dann gewölbt und von unten her geheizt. Gewöhnlich stehen die Öffnung des eigentlichen Ofens und die der Heizung um 90 Grad versetzt zueinander. Das Feuer wurde in dem an beiden Seiten offenen Heizraume dicht unter der Platte des Backofens entzündet. Ob es während des Backens unterhalten oder vorher ausgeräumt wurde, ist nicht bekannt. Zum Einschießen der Brote bediente man sich im

Hause, wie sich aus Figuren aus Tanagra usw. schließen läßt, wahrscheinlich des gleichen Brettes, auf dem man die Brote geformt hatte, während in Bäckereien besondere Einschießbretter verwendet wurden. In den größeren Bäckereien, wie z. B. in einer in Pompeji ausgegrabenen, benutzte man Backöfen von ziemlich großen Abmessungen. Sie hatten, wie viele der kleineren auch, an der Stirnwand kleine halb eingemauerte Wasserbehälter, die vielleicht zur Aufnahme des Wassers dienten, mit dem man, um eine schöne Rinde zu erhalten, das Brot bestrich (s. Abb. 156 S. 96). Bei den größeren Öfen ist (nach Overbeck) der eigentliche innere, gewölbte Ofen a von einem ringsum wohl verschlossenen viereckigen Vorraum b umgeben (Abb. 166), der die erhitzte Luft festhielt. Durch ihn zog der natürlich auch bei Holzkohlenheizung und dem Backen des Brotes entstehende Qualm und Dampf ab, e ist der Aschenbehälter. Der Backofen steht vermöge einer mäßigen Öffnung c mit den beiden anstoßenden Zimmern in Verbindung. Neben dem Backofen stehen nebeneinander zwei halb eingemauerte Gefäße aus Ton, welche, rechts und links von einer Brunnenöffnung gelegen, wahrscheinlich Wasser zum Befeuchten des halbgaren Brotes enthielten, um seine Rinde glänzender zu machen. Andere Backöfen sind wiederum mit besonderen Schornsteinen versehen. Während des Backens wurde die Mündung des Backofens durch einen eisernen, mit Handgriffen versehenen Deckel verschlossen.


Abb. 166. Durchschnitt durch einen pompejanischen Backofen.

Die Bierbrauerei.

Nach Diodor (1. Jahrh. v. Chr., I 20 und 34) soll der ägyptische Gott Osiris, im Jahre 2017 v. Chr. ein aus gemälzter Gerste bereitetes Bier in Ägypten eingeführt haben, das er zuerst in der Stadt Pelusium braute. Dasselbe berichten Herodot (II 77) und Plinius (XIV 22 und 29). Auch Strabo (Geographica XVII 14), Athenäus (Dipnosoph I 61) und Äschylus kannten dieses ägyptische Getränk, das sich nach der Angabe des Diodor an Wohlgeschmack und Kraft fast mit dem Weine messen konnte. Zu Strabos Zeiten (60 v. Chr. bis 20 n. Chr.) wird in Alexandria massenhaft ägyptisches Bier getrunken, über dessen Herstellung sich zuerst der Papyrus Anastasi IV eingehend ausspricht.

Nach alledem könnte es scheinen, als ob der Ursprung des Bieres in Ägypten zu suchen sei. Den neueren Forschungen Hroznys zufolge braute man jedoch bereits im Jahre 2800 v. Chr. im alten Babylon aus Gerste ein bei vielen Stämmen dieses Reiches sehr beliebtes Bier, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Kunst seiner Herstellung aus noch weit älteren Zeiten stammt. Die Babylonier benutzten zur Bereitung ihres Bieres nicht nur Gerste, sondern auch Spelt (Tricticum dicoccum), dessen Anbau und Kultur wahrscheinlich gleichfalls von Babylon ausgegangen ist.

Die Herstellung des altbabylonischen Bieres ging mit dem Backen des Brotes Hand in Hand. Man verstand es in Babylon, aus Gerste und Spelt Malz und Malzbrot zu bereiten. Aus dem Malzbrote stellte man wieder eine besondere Art gerösteten Brotes her, das der Art seiner Zubereitung nach etwa dem heutigen „Toast" entsprach. Dieses Brot weichte man ein und ließ die erhaltene Aufschwemmung gären. So erhielt man eine Art von Kwaß, von dem Kobert behauptet, daß ihn die Ägypter, als sie in ihr Land einwanderten, bei der hamitischen Urbevölkerung bereits

vorgefunden hätten. Sie bemühten sich, diesen Kwaß immer alkoholhaltiger zu machen, wodurch er seine Unschädlichkeit verlor und zum Bier wurde. Ein derartiges kwaßartiges Getränk trank man aber auch in vielen anderen Ländern schon sehr frühzeitig. „Archilochus berichtet, daß man in Phrygien und in Thrazien um das Jahr 700 vor unserer Zeitrechnung ein kwaßartiges Volksgetränk herzustellen verstand. Auch Äschylus, Sophokles und Theophrast erwähnen es. Es wurde teils aus Gerste, teils aus Obst hergestellt und als βρῦτος oder als βρῦτον bezeichnet. Allmählich



Abb. 167. Darstellung der Bierbrauerei bei den Ägyptern.

Wandbild in der Opferkammer des Achet-hetep-her. (Altes Reich). Die richtigste Deutung dürfte nach Ansicht des Verf. die folgende sein: obere Reihe von rechts nach links: Ausdreschen der Körner, Worfeln, Zerreiben (Mahlen); mittlere Reihe von rechts nach links: Rösten der Brote durch eine darunter gehaltene Flamme (?). Zerkleinern der Brote und ev. Mischen mit Spelt oder Malz; Herstellung der Maisch- und Gärgefäße; untere Reihe von links nach rechts: Bereitung der Würze durch Einrühren von Brot und Malz oder Spelt in Wasser (Einmaischen), Einfüllen des Biers in Krüge; Verschließen der Krüge.

wurde auch dieses zum berauschenden Bier. Das Gleiche gilt von den gegorenen Getreidegetränken der Germanen, Gallier, Iberer, Lusitaner, Ligurer, Illyrier, Pannonier und anderer uns zufällig nicht von antiken Schriftstellern mit Namen genannter namentlich nordischer Völker. Bei einigen dieser Völker, wie bei den Germanen, war nebenbei der Met, d. h. vergorener Honig, seit der Urzeit als Genußmittel im Gebrauch.“ (Kobert.)

Die Urform des Bieres war also der aus Brot bereitete, auch heute noch in Rußland vielfach genossene „Kwaß“. Bald bemerkte man, daß es, um ihn herzustellen, durchaus nicht nötig war, erst aus Mehlbrei Brot zu machen. Der Kwaß entstand

auch, wenn der Mehlbrei direkt vergor. Allerdings hatte er dann nicht die dunkle Farbe des aus dem Röstprodukt hergestellten Getränkes, und ebenso fehlten dessen beim Rösten auf heißem Stein entstehende angenehm schmeckende und riechende



Abb. 168. Ägyptische Brauerei.
Lagern und Vorbereiten des Getreides (Modell von Karl Runt).
Deutsches Museum München.

Bestandteile. Schließlich ging man in dieser nach rückwärts fortschreitenden Entwicklung noch einen Schritt zurück: Man bereitete überhaupt keinen Mehlbrei mehr, sondern stellte das alkoholische Getränk direkt aus dem gerösteten Getreidekorn dar.



Abb. 169. Ägyptische Brauerei (Modell von Karl Runt).
Deutsches Museum München.

Alle diese Arten der Bierbereitung standen bei den Babyloniern bereits in Gebrauch, die infolgedessen über eine ganze Anzahl von Bieren verfügten. Wenn wir hier von „Bier" reden, so verstehen wir darunter ein Getränk, das im Gegensatze zu dem einen geringeren Alkoholgehalt aufweisenden Kwaß stark berauschende Wirkungen auszuüben vermag. Ob es mit Hopfen hergestellt oder hopfenfrei war, kommt

für diese Bezeichnung nicht in Betracht: nur die Germanen pflegten das hopfenfreie Getränk verhältnismäßig selten als „Bier" zu bezeichnen. Bier in dem eben erläuterten Sinne kannten nun die Babylonier in folgenden Abarten: zunächst ein jedenfalls sehr „billiges Bier", eine Art Schwarzbier, das aus Gerste bereitet wurde, dem man — allerdings nur in manchen Fällen — bis zu einem Fünftel des Braumaterials Spelt hinzufügte. Die Würze bestand, von diesen Fällen abgesehen, nur aus Gerstenprodukten, d. h. aus Gerste, geröstetem Gerstenbrot und Gerstenmalz. „Gutes Schwarzbier" wurde aus einem Fünftel enthülstem Spelt und vier Fünfteln geröstetem Speltbrot hergestellt. „Rotes Bier" entstand aus weniger als einem Viertel Spelt, dem Brot und zerstoßenes Speltmalz zugefügt wurden. Es scheint ein dickes Bier gewesen zu sein. Das Bier bester Sorte endlich wurde unter Verwendung von bis zu einem Drittel Spelt und zwei Dritteln Brot und Malz zur Bereitung der Würze gebraut. Der Preis des Bieres war um so höher, je mehr Spelt zu seiner Bereitung genommen worden war. Starke und teure Biere verdünnte man in Babylon wohl auch mit Wasser.

Die Gärung der Würze wurde bei allen diesen obergärigen Bieren, wie auch jetzt noch beim Kwaß, von selbst eingeleitet, ohne daß ein künstlicher Hefezusatz stattfand. Entweder fielen Gärungserreger aus der Luft hinein, oder sie waren in dem zugesetzten Brot enthalten, das wahrscheinlich ohne Sauerteig hergestellt war, in dem sie sich aber infolge Aufnahme aus der Luft gleichfalls vorfanden. Da die Hefe bei 45 Grad abstirbt, und da bei der damaligen Art des Röstens diese Temperatur auf der Oberseite und wahrscheinlich auch im Innern der ungefähr daumendicken Brotfladen nicht überall erreicht worden sein dürfte, so enthielt das zur Bierbereitung verwendete Brot wahrscheinlich noch lebende Hefe. Außerdem dürften aber noch andere Pilzarten, insbesondere der Milchsäurebazillus usw. usw., eine Rolle gespielt haben. Daß es sich hier um ein wirkliches Bier, d. h. also um ein berauschendes Getränk, handelte, geht aus der 13. der Maximen des Schreibers Ani hervor, die wahrscheinlich schon zur Zeit der 20. Dynastie (13. u. 12. Jahrhundert v. Chr.) verfaßt sind. Es heißt hier: „Erhitze dich nicht in dem Hause, in welchem man die berauschende Flüssigkeit trinkt .... Du fällst mit gelähmten Beinen, niemand stützt dich mit der Hand, die Kneipgenossen trinken, gehen fort und sagen: Gehe heim, der du genug getrunken hast. Man sucht dich, um mit dir über deine Angelegenheiten zu sprechen, und findet dich an der Erde liegend wie ein kleines Kind."

Wie das Bier selbst, so stammt auch die Gewohnheit, seinen Geschmack zu korrigieren und ihm durch Zusatz von Lupinen eine gewisse Bitterkeit zu verleihen, aus dem Osten, und zwar wahrscheinlich aus den Gegenden des Kaukasus. In Westeuropa läßt sich der Gebrauch des Hopfens erst nach dem Tode Pipins (768 n. Chr.) nachweisen.

Über das von den Germanen bereitete Bier, das sie neben dem Met genossen, den sie durch Gärenlassen des mit Wasser verdünnten Honigs bereiteten, war lange Zeit hindurch nichts bekannt als die recht spärlichen Angaben, die uns Tacitus darüber hinterlassen hat (Germania XXIII): „Ihr Getränk ist ein Saft aus Gerste oder Weizen, ein Gebräu, das eine gewisse Ähnlichkeit mit schlechtem Weine hat". Nach den Untersuchungen von Delbrück dürfen wir annehmen, daß das altgermanische Bier einen weinartigen Charakter besaß, d. h. daß es sauer war, sauer nicht im Sinn eines verdorbenen Bieres, sondern in dem Sinne der Erzeugung eines notwendigen Geschmacks- und Konservierungsstoffes, denn den Hopfen kannte jenes Zeitalter nicht. Aus weiteren Stellen des Tacitus, die sich allerdings nur auf die Lebensgewohnheiten der Germanen und auf ihre Freude an warmen Bädern be-

ziehen, schließt Delbrück, daß man damals bereits Gefäße von etwa 500 l Inhalt herzustellen verstanden haben muß, die als Mischgefäße dienten. Um die Maische zu erhitzen, wurden wahrscheinlich heiße Steine hineingeworfen. Auch ein Kühlschiff dürfte vielleicht bekannt gewesen sein. Die Aufbewahrung des Bieres scheint in Gefäßen mit breiter oberer Öffnung stattgefunden zu haben, die in irgendeiner Weise, vielleicht unter Verwendung von Harz als Klebe- und Dichtungsmittel, fest verschlossen wurden. Man fand altgermanische Tongefäße, auf die ein Deckel mit Flansch paßte. Zur sicheren Befestigung des Deckels mittels der Flanschen dienten Löcher, für die passende gebrannte Tonnägel aufgefunden wurden. Die Lagertemperatur war, da die Gefäße, um sie kühl aufzubewahren, in die Erde eingegraben wurden, die Erdtemperatur, also 10 Grad. Man weiß, daß diese für obergäriges Bier die richtige ist. Die Frage, ob die Germanen — und auch andere nordische Völker — bereits gekeimtes Getreide verwendet haben, läßt sich schwer beantworten. Da jedoch in der Urzeit vieler, insbesondere orientalischer Völker, die Malzbereitung nachweisbar ist, so erscheint sie auch bei den Germanen nicht ausgeschlossen. Es ist aber auch unerheblich, ob man Malz aus gekeimtem Getreide darstellte oder ungekeimtes Getreide verwendete, denn die Verzuckerung ist nicht unbedingt an das Keimen des Getreides gebunden. Auch Rohkorn läßt sich vermaischen. Delbrück nimmt an, daß das Bier der alten Germanen, zu dessen Bereitung die Hefe gleichfalls aus der Luft ganz von selbst hinzukam, etwa dem heutigen Berliner Weißbier entsprochen haben dürfte.

Die Weinbereitung.

Alkoholgegner scheint es unter den Völkern des Altertums wohl überhaupt nicht gegeben zu haben, ganz im Gegenteil: man liebte die berauschenden Getränke und ehrte die Götter des Weins. Aus allen möglichen Stoffen, wenn sie sich nur vergären ließen, bereitete man solchen. Harnack zeigt in einer Zusammenstellung, daß man bei den Juden Rauschgetränke aus Datteln, Feigen, Rosinen, Granaten, Honig und natürlich auch aus der Weinrebe herstellte. Herodot erzählt uns von den Babyloniern (I 193), daß man dort Palmwein trank. Dem Gotte des Weins wurden in Griechenland und Rom besondere Feste gefeiert, bei denen es derart zuging, daß es wohl in der Folgezeit kaum irgendwelche Arten von Gelagen gibt, die ihnen in bezug auf Unsitte, wüstes Gebaren und Völlerei an die Seite gestellt werden könnten. An dieser, während des ganzen Altertums herrschenden Liebe für den Alkohol ändert die Tatsache nichts, daß einzelnen Völkern, wie z. B. dem Wüstenstamme der Rechabiten, das Weintrinken verboten war, und daß sich in den religiösen Vorschriften mancher Enthaltsamkeitsgebote für Priester, Frauen usw. finden.

Diese Vorliebe für den Wein mußte natürlich dazu führen, daß man der Pflege des Weinstocks und der Herstellung des Getränkes selbst eine ganz besondere Sorgfalt zuteil werden ließ, die rückwirkend wieder zu Vervollkommnungen in den einzelnen mit der Weinbereitung verbundenen technischen Einrichtungen führte.

Besonders groß war die Zahl der Weingärten im alten Ägypten, wo man schon im alten Reiche (3900—3000 v. Chr.) nicht weniger als sechs Sorten Wein kannte. Die Weinstöcke wurden an Spalieren gezogen, oder man rankte sie in Säulengängen empor, deren Säulen oben Lattengestelle trugen, so wie dies auch heute noch in den südlichen Ländern der Fall ist. Der Wein wurde durch Wächter gehütet, die die Vögel verjagten. Zur Zeit der Weinlese sammelte man die Trauben in Körbe, das Laub überließ man den Ziegen, die es von den Stöcken abfraßen. Dann folgte das Keltern,

das in der Regel durch Treten der Trauben mit den Füßen geschah. Man schüttete sie in einen großen an der Seite mit Abflüssen für den Saft versehenen, aus Akazienholz hergestellten Behälter. Über diesem Behälter, an der Decke des Raums, waren Stricke befestigt, an denen sich die Männer, die das Keltern besorgten, mit den Händen anhielten. An manchen derartigen Weinpressen waren zum Anhalten anstatt des Strickes Holzstangen auf Säulen angeordnet. Man trat so lange auf den Trauben herum, als etwas ausfloß, und suchte dann den letzten Rest des in ihnen enthaltenen Saftes dadurch zu gewinnen, daß man die Trester in einen an den Enden mit Schlaufen versehenen länglichen Sack gab, der aus Binsengeflecht oder Leinwand hergestellt war. Die eine Schlaufe wurde an dem einen der beiden senkrechten Balken eines

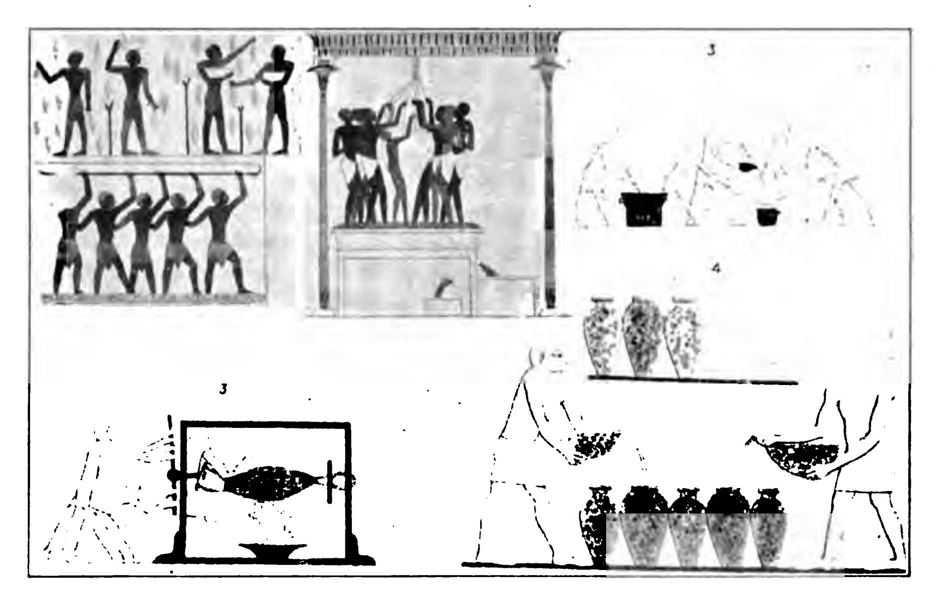


Abb. 170. Weinbereitung in Ägypten. (Wandgemälde in Theben.)

Oben: Pflücken und Sammeln der Trauben in Körben; darunter und daneben Keltern durch Austreten mit den Füßen. Oben rechts: Klären des Weins durch Filtrieren. (Wahrscheinlicher ist nach Ansicht des Verf. aus der Größe der Gefäße zu schließen und, worauf die in einem Gefäß rührende Person links davon hinzudeuten scheint, daß es sich hier um die Bereitung und das Filtrieren von Zutaten zum Wein handelt. Vielleicht ist aber auch das im Altertum so beliebte Aufkochen des Mostes dargestellt.) Unten Auspressen der Trester und Einfüllen in Krüge.

großen Holzgestells befestigt, durch die andere steckte man einen Stab hindurch und verquirlte durch Drehen an diesem den Sack, so daß auch die letzten Reste des Traubensaftes ausflossen. Das Drehen geschah mit großer Kraftanwendung, was einerseits durch die Stärke des Holzgestells, andererseits aber dadurch bewiesen wird, daß auf den erhaltenen Darstellungen gleichzeitig drei Mann an dem zum Verdrehen dienenden Stab anfassen (Abb. 170).

Der Wein wurde dann in große Steinkrüge eingefüllt, wo man ihn gären ließ, doch scheint man als Gärgefäße auch große Schalen benutzt zu haben, die an ihrem obersten Teil mit einem Ausgusse versehen waren, so daß beim Abfüllen die Hefe unten liegen blieb. Die Aufbewahrung erfolgte nach dem Abfüllen in steinernen oder tönernen Gefäßen, die in der Form den Amphoren glichen, jedoch unten oft scharf zugespitzt waren, so daß man sie in die Erde des Weinkellers bohren und dadurch fest-

stellen konnte. Außerdem aber wurden auch steinerne und hölzerne Ringe benutzt, in deren runde Öffnung man solche Gefäße hineinstellte, wodurch das Umfallen verhindert wurde. Die Gefäße wurden durch steinerne oder tönerne Pfropfen verschlossen, die die mannigfachste Gestalt hatten. Alle aber zeigen sie einen breiten Rand, mit dem sie auf den Rand des Gefäßes aufgesetzt werden. Durch Verschmieren der Berührungsstelle von Pfropfen und Gefäßrand mit Lehm, Harz oder Gips suchte man einen luftdichten Verschluß zu erzielen. In die Verschmierung wurde dann noch das Siegel des Besitzers eingedrückt. In allen aus dem alten Ägypten erhalten gebliebenen Weinkrügen findet sich am Boden eine harzartige oder asphaltähnliche Substanz, die vielleicht als Konservierungsmittel, vielleicht auch, wie später bei den Römern, zur Erzielung eines bestimmten Geschmackes zugesetzt wurde.

Auch bei den Griechen und Römern war das Wort Pindars ἄριστον μὲν ὕδωρ nur blasse Theorie, was man schon daraus erkennen kann, daß die mit diesen Worten beginnende Ode zur Verherrlichung des Königs Hiero von Syrakus zum erstenmal an einer mit Wein reich besetzten Festtafel vorgetragen wurde. Der Kultur des Weinstockes und seiner Veredelung wandte man die größte Sorgfalt zu. Im allgemeinen entsprach der technische Teil der Weinbereitung dem bei den Ägyptern gebräuchlichen Verfahren. Die Trauben wurden ebenfalls durch Treten mit den Füßen ausgepreßt, doch wurden auch, insbesondere später, besondere Pressen benutzt, deren Einrichtung bei der Gewinnung des Öls eingehend beschrieben ist (siehe Seite 114 ff.). Dann ließ man den Saft durch ein Sieb in einen Bottich oder in ein großes Tongefäß (dolium) laufen, worin er vergor. Der vor dem Auspressen der Trester gewonnene Saft, der sich durch einen im Verhältnis zu den übrigen Säuren höheren Zuckergehalt auszeichnet, das „protopum", ließ man für sich vergären; aus dem Trestersaft gewann man einen geringwertigen „Tresterwein". Um den Wein zu reinigen, setzte man Eier zu. Dann füllte man ihn in Tongefäße oder in lederne Schläuche, die oft von sehr beträchtlicher Größe waren. So wurde z. B. bei einem Gastmahle des Ptolemäus Philadelphus ein mit edlem Weine gefüllter und aus Pantherfellen hergestellter Schlauch an die Tafel gebracht, der eine Länge von 17 m und eine Breite von 7 m hatte. Auch die Gärgefäße wiesen oft sehr ansehnliche Abmessungen auf, faßten sie doch zuweilen über 500 l. Nach abgelaufener Gärung dienten sie vielfach zur Aufbewahrung von Wein, der für baldigen Gebrauch bestimmt war. Weine besserer Sorte, die man länger aufbewahren wollte, wurden später in Holzfässer abgefüllt. Ehe diese aufkamen, füllte man sie in kleinere mit zwei Henkeln versehene Amphoren, die man, um sie wasserdicht zu machen, innen mit Pech oder Wachs überzogen hatte. Sie wurden mit einem Tondeckel verschlossen, den man mit Gips oder Pech festkittete.

Wie bei den Ägyptern, so wird zuweilen auch bei den Griechen und Römern der Wein mit allen möglichen Zutaten versetzt. In Griechenland setzt man hauptsächlich das Harz der griechischen Kiefer zu, wodurch der Wein angeblich haltbarer werden sollte. Für wie wichtig man diesen Zusatz hielt, erhellt daraus, daß der Bacchusstab stets einen Tannenzapfen trägt. Auf Kreta bestreute man bereits die Trauben mit Gips. Aristoteles berichtet, daß man Weine in Schläuchen trocknete, sie dann stückweise herausnahm und in Wasser zum Trinken auflöste. Weitere gebräuchliche Zusätze waren Nadeln von Zypressen, zerriebene Myrtenbeeren, bittere Mandeln, Honig, Muschelschalen, Galläpfel, Asche von Rebenholz sowie die verschiedensten Harzarten, von denen manche mehr, manche weniger geschätzt waren (Plinius XIV 20). So erfreute sich z. B. das Harz der in Spanien wachsenden Strandföhre nur sehr geringer Beliebtheit bei den Römern, da es dem Wein einen sehr

bitteren Geschmack und unangenehmen Geruch verlieh. In den oströmischen Provinzen bevorzugte man Terebinthenharz. Zum Auskleiden der Gefäße im Innern empfiehlt Plinius (a. a. O.) zyprisches Harz.

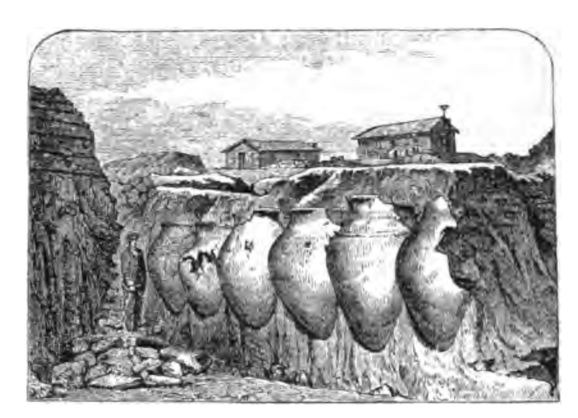


Abb. 171. Trojanisches Weinlager.
Große mit der Spitze in die Erde gestellte irdene Krüge (πίθοι) unter dem Athene-Tempel. Troja.

Derartige Zusätze scheinen hauptsächlich deshalb aufgekommen zu sein, weil man das Bedürfnis fühlte, irgend etwas zu tun, um den Wein haltbarer zu machen. Weininfektionen durch Pilze, die ein rasches Verderben herbeiführten, waren häufig, und man wußte sich, da man von der Ursache keine Ahnung hatte, natürlich auch nicht dagegen zu schützen. Die Art des Arbeitens war im Gegenteil eine ziemlich unsaubere. Schon der Most mußte, wie Columella berichtet, aufgekocht werden, damit er sich nur bis zum Verkaufe hielt. Da das Aufkochen in bleiernen Gefäßen vorgenommen wurde, so wurde der Most, das „defrutum" natürlich gleichfalls bleihaltig. Diesem Most setzte man aber minderwertigen bereits ausgegorenen Weinen zu, um ihn trinkbarer zu machen. Nach Untersuchungen von Hofmann, der Wein in der von Columella angegebenen Weise behandelte, ergab sich, daß dabei in zwei Urnen Gebirgswein 390 mg Blei, in die gleiche Menge Talwein 582 mg Blei und in schlechten Most 781 mg Blei übergingen. Da man aber außerdem noch giftige Bleisalze, wie Mennige, zusetzte, und da man den Kitt zum Verkitten der Weinfässer nach Catos Angaben dadurch herstellte, daß man Mostsirup (sapa) mit Irispulver in bleiernen oder bronzenen Gefäßen einkochte, so darf es uns nicht wundernehmen, daß die Weine der Alten oft große Mengen des giftigen essigsauren Bleies enthielten. Bei kühlem Wetter bereitete man aus dem Weine Glühwein (calda), wobei man ihn wieder in Bleigefäßen kochte. Wenn wir daher von den vielen Vergiftungserscheinungen lesen, die nach Gastmählern des Altertums auftraten, und wenn wir von verschiedenen römischen Kaisern usw. hören, daß sie vergiftet worden seien, so können wir heute auf



Abb. 172. Beförderung von Wein in Fässern.
Darstellung eines Weinschiffes. — Provinzialmuseum Trier.

Grund besserer technischer und wissenschaftlicher Kenntnisse, insbesondere aber auf Grund der eingehenden Untersuchungen Koberts, wohl behaupten, daß diese angeblichen politischen Morde und Massenvergiftungen weiter nichts waren als Blei- bzw. Fleischvergiftungen; trank man doch einerseits giftigen bleihaltigen Wein, während man andrerseits das Fleisch noch nicht in hinreichendem Maße vor Verderbnis zu schützen wußte.

Im übrigen wurde der Wein für gewöhnlich mit Wasser gemischt, häufig und bei besonderen Gelegenheiten jedoch auch ungemischt getrunken. Die Angaben über das Mischungsverhältnis mit Wasser, wie sie sich z. B. im Homer finden, wonach Maron, der Priester des Apollo, dem Odysseus einen Wein vorgesetzt habe, der mit zwanzig Teilen Wasser vermengt war (Odyssee IX 219), und dem aus dem Mischgefäß ein so köstlicher Duft entquoll („Und den schäumenden Kelch umhauchten balsamische Düfte göttlicher Art"), daß man sich des Trinkens nicht enthalten konnte, sind, wie Rhousopoulos berechnet hat, mit Vorsicht aufzufassen. Der Alkoholgehalt des ursprünglichen Naturweins dürfte nicht über 14 Volumprozente betragen haben (= 13 Gewichtsprozenten). Nach dem Mischen hätten sich im günstigsten Falle 0,6 Gewichtsprozente Alkohol ergeben, also ein Getränk, das weder nach Wein schmecken noch riechen konnte. Man kann annehmen, daß auch im Altertum dem Wein kaum mehr als höchstens die gleiche Menge Wasser zugefügt wurde — meist wird es wohl weniger gewesen sein!

Essig erhielt man, indem man sauren Wein als solchen verwendete, oder Wein sauer werden ließ. Die Technik der Essigbereitung bei den alten Völkern bietet keine besonders erwähnenswerten Merkmale dar.

Literatur zu den Abschnitten: „Ackerbau“ und „Gärungstechnik“ (Bäckerei, Bierbrauerei und Weinbereitung).

Bäckergewerbe, Das altrömische. Zeitschrift für das gesamte Getreidewesen 1916, Nr. 6, S. 93.

Beckmann, Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Band II. Leipzig 1783.

Behlen, Der Pflug und das Pflügen bei den Römern und in Mitteleuropa in vorgeschichtlicher Zeit. Dillenburg 1904.

Billiard, La vigne dans l'antiquité. Lyon 1913.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. 4. Band. Leipzig und Berlin 1887.

Boeser, Denkmäler des Alten Reichs.

Bücher, Arbeit und Rhythmus. Leipzig und Berlin 1909.

Buschan, Vorgeschichtliche Botanik. Breslau 1895.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

de Candolle, L'origine des plantes cultivées. Paris 1883.

Delbrück, Das Bier einst und jetzt. Naturwissenschaftliche Wochenschr. 1911, 46, 729; Zeitschr. f. angew. Chemie 1911, 33, 1553.

Diels, H., Die Entdeckung des Alkohols. Abhandlungen der phil.-hist. Klasse der königl. preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1913, Nr. 3.

Diels, H., Etymologica. Zeitschrift für vergleichende Sprachforschung 1916, Bd. 47, S. 193.

Dragendorff, Die Verpflegung der römischen Kastelle in Deutschland. Vortrag auf der 76. Jahresversammlung der Freien Vereinigung Deutscher Nahrungsmittelchemiker zu Frankfurt a. M.

Engelmann, Die antiken Mühlen. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Band 33, 1904, S. 159.

Eyck, Zur Urgeschichte des Ackerbaus und der Viehzucht. Das Wissen 1911, Nr. 4 u. 5.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Führer, Kurzer, durch das Provinzialmuseum Trier. 1911.

Gradmann, Der Getreidebau im deutschen und römischen Altertum. Jena 1909.

Harnack, E., Die Bibel und die alkoholischen Getränke. Festschrift der vier Fakultäten zum 200 jährigen Jubiläum der Universität Halle 1894.

Hartwich, Die menschlichen Genußmittel, ihre Herkunft, Geschichte, Anwendung, Bestandteile und Wirkung. Leipzig 1911.

Hehn, Kulturpflanzen und Haustiere in ihrem Übergang aus Asien nach Griechenland und Italien. Berlin 1912.

Heilborn, Allgemeine Völkerkunde. Leipzig 1898.

Heyne, Über Wein, Weinbau und Weinbereitung in: Deutsche Hausaltertümer II. 1901.

Herodot, Geschichten, I. 193; II. 92; II 36; II 77.

Hoops, Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum. Straßburg 1905.

Hrozny, Bier im alten Babylon und Ägypten. Anzeiger der phil.-hist. Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1910, Nr. 26 und Sitzungsbericht der Kaiserlichen Akad. d. Wiss. zu Wien vom Mai 1914.

Jacobi, Das Römerkastell Saalburg 1897.

— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.

Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum. Vortrag, geh. im Dozentenverein der Universität Rostock, Juni 1906. Veröffentlicht in: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

— Der Kwaß. Halle 1913.

— Zur Geschichte des Bieres. Historische Studien aus dem pharmakologischen Institut der Universität Dorpat. Halle 1896, Band V.

Koehne, Die Mühle im Rechte der Völker. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 1913.

Kopp, Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843—1847.

Krause, Die Heimat des Spelzes. Naturwissenschaftliche Wochenschr. 1910, 412.

Kreichgauer, Das Bier in Ägypten einst und jetzt. Wochenschrift für Brauerei 1916, 23. Jahrg. Nr. 19.

Liebig, Chemische Briefe. Leipzig und Heidelberg 1878.

v. Lippmann, Beiträge zur Geschichte des Alkohols. Chemiker-Zeitung 1913, Nr. 129 bis 133, 138, 139.

v. Lippmann, Chemisches aus dem Papyrus Ebers. Abhandlungen und Vorträge aus der Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.
— Chemisches und Alchemisches aus Aristoteles. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.
— Die chemischen Kenntnisse des Dioskorides. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.
— Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.
— Zur Geschichte des Alkohols und seines Namens. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.
Marquardt-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.
Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.
Meier, Die Bauern im Homer. Separatabdruck aus dem „Landwirt" 1903. Luzern 1903.
Netolitzky, Nahrungs- und Heilmittel der Urägypter. Die Umschau. 15. Jahrg., S. 953.
Neuburger, Das Wasser als Hilfsmittel in Haus und Gewerbe. In: Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band 9, S. 149 bis 348.
Nordhoff, Der vormalige Weinbau in Norddeutschland. Münster 1883.
Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.
Pappenheim, Populäres Lehrbuch der Müllerei. Wien 1878.
Pinner, Chemisches aus der Bibel. In: Diergart, Beiträge zur Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der sächsischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1895.
Rau, Geschichte des Pflugs. Heidelberg 1845.
Reber, Des Vitruvius zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.
R. H., Die Entwicklung des Mühlenbaus. Deutsche Techniker-Zeitung 1912, S. 68 bis 70.
Rhousopoulos, Chemische Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart: Beiträge zur Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Richter, Beiträge zur Geschichte der alkoholhaltigen Getränke bei den orientalischen Völkern und des Alkohols. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, 4. Band, S. 429. ff.
Ringelmann, Mahlversuche im frühen Altertum. Referat der Frankfurter Zeitung, Mai 1909, des Vortrags von Héron de Villefosse, in der Maisitzung der Académie des Inscriptions et Belles-Lettres zu Paris.
Rosellini, Monumenti civili dell'Egitto. Pisa 1832—1844.
Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre. Braunschweig 1876, Bd. II.
Ruska, Alkohol und Al-kohl. Zur Geschichte der Entdeckung und des Namens. Aus der Natur. 10. Jahrg., Heft 2, S. 97.
Schäfer, Der Wein in kulturgeschichtlicher und naturwissenschaftlicher Beziehung. Braunschweig 191[illegible].
Schelenz, Über Pressen. Ein Beitrag zur Geschichte der chemischen Geräte. Chemiker-Zeitung 1912, S. 397 ff.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
Schrader, Die Anschauungen V. Hehns von der Herkunft unserer Kulturpflanzen und Haustiere im Lichte neuerer Forschung. Berlin 1912.
Schubart, Ein Jahrtausend am Nil. Berlin 1912.
Schulze, Ernst, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.
Stummer, Zur Urgeschichte der Rebe und des Weinbaus. Mitteilungen der anthropologischen Gesellschaft in Wien. 1911, Heft 3 u. 4.
Strunz, Über die Geschichte des Brotes. Zeitschrift für das gesamte Getreidewesen 1917, 9, 106—107. (Referat in: Zeitschrift für angewandte Chemie 1917, Nr. 98 Referatenteil, S. 385.)
Tacitus, Germania. v. Oberbreyer. 3. Aufl. Leipzig.
Thümen, Vom Weine. Prometheus 1897, S. 161 ff.
Tschirch, Handbuch der Pharmakognosie 1912.
Weise, Über den Weinbau der Römer. Hamburg 1897.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Woenig, Am Nil. 1. Band. Leipzig.
— Die Pflanzen im alten Ägypten. Leipzig 1897.
Woyte, Antike Quellen zur Geschichte der Germanen. Leipzig (1912—1915).
Zaunick, Die neueren und neuesten Arbeiten über die Frühgeschichte des Alkohols. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1918, 1, S. 1.

Die Technik der Öle, Fette, Seifen und Wohlgerüche.

Es handelt sich hier um ein Gebiet der organisch-chemischen Technik, das mit zahlreichen anderen Gebieten, wie der Landwirtschaft, der Nahrungsmittelchemie, der Konservierungs- und Beleuchtungstechnik usw. usw., im engsten Zusammenhange steht, so daß einzelne seiner Zweige ebensogut dort besprochen werden könnten. Da es sich jedoch in seinen Grundzügen auf der Verwendung und Verarbeitung gewisser Abkömmlinge der organischen Öl- und Fettsäuren aufbaut, so möge es hier als Ganzes seine Betrachtung finden, eine Zusammenfassung, die sich ja auch jetzt noch in der chemischen Technologie im allgemeinen erhalten hat.

Die Gewinnung der Öle und Fette.

Während des ganzen Altertums stand die Kultur des Ölbaumes in hoher Blüte, lieferte er doch das zur Bereitung der Speisen, zum Füllen der Lampen, zum Bestreichen des Körpers, zu Zwecken der Reinigung, zur Herstellung von Parfümerien und kosmetischen Mitteln aller Art usw. usw. so notwendige Öl, und zwar jene Sorte, die wir heute, wo wir über eine reichere Auswahl von Ölen verfügen, „Olivenöl" nennen. Schon in sehr alten ägyptischen Urkunden sind der Ölbaum und das aus ihm gewonnene Öl erwähnt, man findet das Wort „tat", das beide bezeichnet, bereits in den Aufzeichnungen der 8. Dynastie (also etwa 2300 v. Chr.). Auch die Denkmäler der 18. Dynastie (etwa 1550 v. Chr.) zeigen Darstellungen von Blättern und Früchten des Ölbaums. In ägyptischen Königsgräbern der 20. Dynastie (1100 v. Chr.) hat man Zweige des Ölbaums und Kerne der Olive gefunden. Theophrast (Caus. plant IV 2) und Strabo (XVII 1) erwähnen sein Vorkommen in Ägypten. Auch die Bibel erzählt von der Taube Noahs, die mit dem Ölzweig im Schnabel zurückkehrte, und heute noch stehen am Ölberge bei Jerusalem Bäume, die wohl schon zu Christi Zeiten dort gestanden haben dürften. In Griechenland war der Ölbaum, wie heute unbestritten feststeht, schon zu Homers Zeiten bekannt. Die Zahl der Schriftsteller, die seiner in späteren Zeiten Erwähnung tun, ist so groß, daß es unmöglich ist, sie alle aufzuzählen.

Die Gewinnung des Öls aus dem Ölbaume vollzog sich wohl bei allen Völkern des Altertums in der gleichen Weise. Aus Funden auf der Insel Thera scheint festzustehen, daß man die aus Ägypten oder dem Orient stammende Ölpresse später nach Griechenland verpflanzte. Nach den gleichen Verfahren wie das Olivenöl dürfte man auch die übrigen Öle gewonnen haben, insbesondere die wohlriechenden Salböle, die auch noch in späterer Zeit sowohl bei den Griechen wie bei den Römern vielfach aus dem Orient bezogen wurden.

Zur Gewinnung des Öls pflückte man die Früchte, wenn sie den richtigen Zustand der Reife oder vielmehr Unreife erreicht hatten. Heute gewinnt man insbesondere in Griechenland das Öl zuweilen aus den schon abgefallenen Oliven, die zudem

schon teilweise in Gärung übergegangen sind. Infolgedessen ist es manchmal von schlechter Beschaffenheit. Es werden aber auch bessere Ölsorten aus noch nicht völlig reifen Früchten ausgepreßt. Auch im Altertume benützte man die unreifen Früchte, um für Speise- sowie für medizinische Zwecke ein besonders gutes, wohlschmeckendes und angenehm riechendes Öl zu erhalten. Dieses Öl wurde nach den Berichten des Dioscorides (d. mat. med. I 29) ὀμφάκιον genannt, weil es aus unreifen Früchten hergestellt war (ὄμφαξ = unreifes Obst).

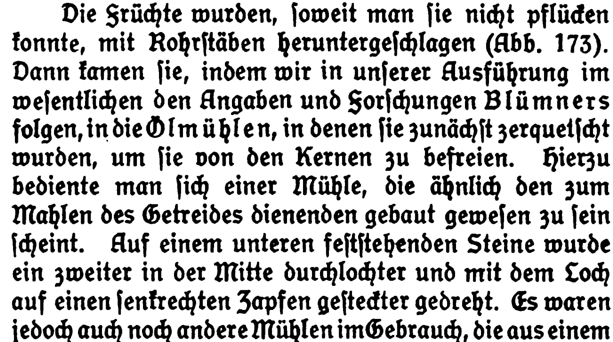


Abb. 173. Herabschlagen der Oliven von den Bäumen mit Rohrstöcken. Griechisches Vasenbild. Berliner Museum, Antiquarium.

Die Früchte wurden, soweit man sie nicht pflücken konnte, mit Rohrstäben heruntergeschlagen (Abb. 173). Dann kamen sie, indem wir in unserer Ausführung im wesentlichen den Angaben und Forschungen Blümners folgen, in die Ölmühlen, in denen sie zunächst zerquetscht wurden, um sie von den Kernen zu befreien. Hierzu bediente man sich einer Mühle, die ähnlich den zum Mahlen des Getreides dienenden gebaut gewesen zu sein scheint. Auf einem unteren feststehenden Steine wurde ein zweiter in der Mitte durchlochter und mit dem Loch auf einen senkrechten Zapfen gesteckter gedreht. Es waren jedoch auch noch andere Mühlen im Gebrauch, die aus einem Behälter mit darin sich drehenden senkrecht gestellten Steinen bestanden, die also jene Einrichtung darstellten, welche unsere heutige Technik als „Kollergang" zu bezeichnen pflegt. Wann sie auftauchten, ist zweifelhaft; bei den Römern standen sie unter der Bezeichnung „trapetum"[1]) in Gebrauch. Die Griechen benutzten eine ähnliche Vorrichtung zum Keltern des Weines, ob auch zum Ausquetschen des Öles, ist unbekannt. Das trapetum, von dem uns noch verschiedene Exemplare und Beschreibungen erhalten sind, besteht aus einem Trog (Abb. 174), in dessen Mitte ein Sockel emporragt, der mit der Trogwandung zusammen aus einem einzigen Gesteinstück besteht. Aus der Mitte dieses Pfeilers geht ein eiserner Zapfen senkrecht nach oben, auf dem sich eine Querachse dreht. Die Querachse liegt auf dem Zapfen mit einer besonderen Büchse auf, die aus Holz hergestellt und mit Blechen beschlagen ist. Damit sich die Büchse nicht in die Höhe schieben und aus dem Zapfen gleiten kann, was bei Stockungen im Mörser sehr leicht möglich ist, ist der Zapfen oben zuweilen durchbohrt. Durch die Durchbohrung wird ein eiserner



Abb. 174. Kollergang (trapetum). Zum Auspressen des Öls. Gefunden in Broscoreale.

[1]) Auch trapetus; die Bezeichnung schwankt, ebenso im Plural.

Bolzen hindurchgesteckt. Auf der wagerechten Achse sitzen nun zwei Quetschsteine, die derart plankonkav ausgestaltet sind, daß ihre ebene Seite dem Pfeiler zugewendet ist, während sich die konkave der entsprechend gerundeten Innenwand des Mörsers anpaßt. Auch die Quetschsteine waren durch eine mit Durchbohrungen versehene Büchse auf der an der entsprechenden Stelle gleichfalls durchbohrten Welle mittels eines Bolzens festgehalten. Manche dieser Kollergänge hatten in Form von Einlagen, die am Zapfen angebracht werden konnten, noch besondere Vorrichtungen, um die Steine höher und niedriger zu stellen. Die Befestigung der wagerechten Achse und die Ausgestaltung des Zapfens unterliegen mancherlei kleinen Abänderungen, so daß die gefundenen und beschriebenen Trapeten kleine Verschiedenheiten dieser Teile aufweisen. Die ganze Maschine mußte so eingerichtet sein, daß die Quetschsteine nur einen sanften Druck ausübten. Es sollten lediglich die Hülsen und das Fleisch zerdrückt werden, die Kerne sollten ganz bleiben, Öl sollte noch nicht ausfließen. Deshalb existierten auch für jeden Einzelteil sehr genaue Maße, und zwar sowohl für größere wie für kleinere. Die Abmessungen derartiger Kollergänge hat Cato (Kap. XX—XXII; CXXXV) sehr sorgfältig angegeben, wie er überhaupt die Anfertigung der Ölquetschen bis in jede Einzelheit beschreibt. Außer dem „trapetum" gab es noch eine Anzahl weiterer Vorrichtungen zum Zerquetschen der Oliven, über die wir jedoch nicht weiter unterrichtet sind.

Die aus dem Kollergang kommende, aus zerquetschten Oliven bestehende Masse wurde dann zunächst ausgelesen, um die Kerne zu entfernen. Dann erfolgte das Auspressen der kernlosen Früchte. Hierzu bediente man sich verschiedenartiger Vorrichtungen. Im Anfange wird man sie wohl in einen geflochtenen Korb gegeben und durch Beschweren mit Steinen ausgepreßt haben. Das Öl lief zwischen dem Flechtwerk des Korbes heraus und wurde in einem daruntergestellten Gefäße gesammelt. Später werden die Einrichtungen vollkommener. Man legte die Masse oder das Flechtwerk, in dem sie sich befand, zwischen Holzlatten und schichtete mehrere Lagen solcher Latten mit dazwischengelegter Masse auf einem Untergestell auf. Oben wird dann ein langer Hebelbalken angebracht, der vorne mit großen durch Stricke festgebundenen Steine beschwert wird. Durch Hinaufklettern auf den Hebelbalken und Wuchten mit dem Körpergewicht wird die Wirkung erhöht. Das ausfließende Öl läuft auf das Untergestell und von hier — wahrscheinlich in Rinnen — nach einer größeren Ausflußrinne, deren Öffnung sich über einem Sammelgefäße befindet. (Abb. 175) Die gebräuchlichste Art der Ölpresse hat uns wiederum Cato (a. a. O.) beschrieben.[1]) Sie ist uns auch durch Funde erhalten. Zwei in den Fußboden eingetriebene hölzerne Pfeiler stehen dicht



Abb. 175. Ölpresse mit Preßbaum.
Rechts ein Schemel, auf dem die Ölfrüchte mit Zwischenlagen aus Holzlatten oder durchlöcherten, vielleicht auch mit Rillen versehenen Holzscheiben (?) aufgeschichtet sind. Darüber der Preßbaum, der am freien Ende mit zwei Steinen beschwert ist und an dem ein Mann wuchtet, während ein zweiter durch sein Körpergewicht die Kraft des Hebelarms erhöht. Das Öl lief über die Außenseite der Schichten auf den mit einem Rand oder einer Vertiefung versehenen Schemel herab und von hier durch einen Hahn in ein Sammelgefäß.
Griechisches Vasenbild.

[1]) Eine übereinstimmende Beschreibung rührt auch von Vitruv (VI 9) her.

nebeneinander. Zwischen beiden ist in passender Höhe ein langer wagerechter Balken, der Preßbaum, beweglich befestigt. Am vorderen Ende des Preßbaumes ist, wiederum zwischen zwei Pfeilern, eine Winde angebracht, durch die dieses Vorderende mit Hilfe von Stricken und Hebeln kräftig niedergezogen werden kann. Zum Heben des schweren Preßbaumes dienen gleichfalls die Winde und eine an der Decke des Kelterraums befestigte Rolle bzw. ein Flaschenzug. Die entkernten Oliven werden — wiederum in einem Geflecht oder in einem Korb — auf ein Gestell gesetzt und mit einem Brette bedeckt, das den Zweck hat, den Druck des Preßbaumes gleichmäßig zu verteilen. Dann wird der Preßbaum mit Hilfe der Winden niedergezogen und dadurch ein sehr starker Druck auf die Olivenmasse ausgeübt. Diese Presse dürfte aus der noch einfacheren Wippresse hervorgegangen sein, bei der (Abb. 176) der Preß-

Abb. 177. Eroten bei der Ölbereitung. Wandgemälde im Hause der Vettier in Pompeji. Von links nach rechts: Verlauf, Ladentisch mit Toilette-Gegenständen, dahinter Schränkchen, daneben Ölkessel; dann Einrühren von Wohlgerüchen in das Öl, rechts die Keilpresse.

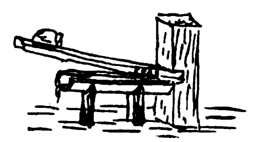


Abb. 176. Wippresse.

baum mit seinem einen Ende einfach in eine Auskehlung eines starken senkrechten Pfostens eingeklemmt war. Darunter ein wagrechter langer kanalförmiger Trog (daher vielleicht der Name canalis für solche Pressen?) in den die zu zerquetschenden Früchte kamen. Der Preßbaum ist mit Steinen beschwert und wird niedergewuchtet. Noch später kommt die Schraube auf. Es entsteht eine neue Art der Ölpresse, bei der das auf den Oliven liegende Brett durch die Schraube gegen seine Unterlage gedrückt wird. Diese Presse dürfte im allgemeinen der in Abb. 240 S. 183 dargestellten entsprochen haben, nur scheint sie auch in einschraubiger Form verwendet worden zu sein, wenigstens beschreibt Heron von Alexandria in seiner Mechanik (III 20) eine solche Olivenpresse, die mit einer von Plinius (XVIII 317) geschilderten übereinstimmt. Daß man auch mit Steinen beschwerte Kisten zum Auspressen benutzte, geht gleichfalls aus Plinius hervor. In Herculanum sowohl wie in Pompeji, im Hause der Vettier, aufgefundene Wandgemälde zeigen Eroten, die

gegen Keile schlagen, zwischen denen die auszupressende Masse liegt. Als Widerlager und zum Zusammenhalten der wechselnden Schichten von Keilen und Ölmasse dient ein starkes Balkengerüst. (Abb. 177 u. 178.) In manchen Ölkeltereien war der Boden so eingerichtet, daß er das auf ihn fließende Öl aufnahm und es infolge seiner Neigung vertieft aufgestellten Behältern zuführte, aus denen es dann ausgeschöpft wurde. (Abb. 179.)



Abb. 178. Keilpresse (zum Auspressen von Öl). Wandgemälde in Herculanum.

In ähnlicher Weise gewann man auch das Öl der Nüsse, der Mandeln, des Sesam, verschiedener Palmarten, Mastixöl usw. usw.[1]) Die Öle wurden dann, um sie zu konservieren, teilweise mit Salz versetzt, teilweise setzte man Gummi und Harz hinzu, um den Geruch festzuhalten. Eine Gewinnung reiner ätherischer Öle war, da man damals die jetzigen Destillationsverfahren noch nicht kannte, unmöglich. Auch sonst wurden noch alle möglichen Stoffe den Ölen zugemischt, wie Essig, Fenchel, Most, Honig usw. usw.

Bei den Römern gewann man den „sucus", ein wohl nur selten verseifbares ätherisches Öl aus Blüten, sowie das „corpus", das stets verseifbare Öl der Früchte, das zur Bereitung von Salben durch Zusatz von sucus, also von Blütenöl, wohlriechend gemacht wurde. Außer dem Öle der Früchte verwendete man zur Salbenbereitung jedoch auch Tierfette, insbesondere das Wollfett (bei den Griechen οἴσυπος oder οἴσυπον, auch οἰσύπη, bei den Römern oesypus oder oesypum genannt). Das Wollfett war, nachdem es im Altertum sowohl in der Medizin wie in der Kosmetik eine wichtige Rolle gespielt hatte, dann Jahrhunderte lang vollkommen vergessen, bis es in neuerer Zeit von Liebreich wieder in die Medizin eingeführt und unter der Bezeichnung „Lanolin" allgemein bekannt wurde. Seine Darstellung ist uns aus den Berichten des Dioscorides und des Plinius bekannt. Die beste Art der Bereitung war nach Plinius die folgende: Man gab die frisch geschorene Wolle in ein mit Wasser gefülltes ehernes Gefäß und erhitzte die Masse mit gelindem Feuer, kühlte sie darauf ab

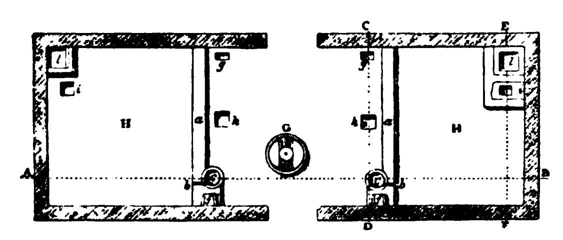


Abb. 179. Ölkelterei in Stabiae (Grundriß).

G: Kollergang (trapetum); g h i: Vertiefungen zur Aufnahme der Pfosten der Preßvorrichtungen; H: große Behälter, die gegen die Mitte des Raumes durch Mauern a abgegrenzt waren und in denen sich das ausgepreßte Öl sammelte. Der tiefste Punkt des geneigten Bodens liegt bei b, wohin das Öl abfloß, das dann durch Bleileitungen nach den Sammelbehältern o gelangte, von wo es entnommen wurde, f f sind Postamente, auf die wahrscheinlich die Krüge gestellt wurden, in die man es aus c einfüllte, und deren geneigte Oberfläche übergegossenes Öl wieder nach e zurückfließen ließ.

[1]) Siehe auch Herodot I 94, wo auch ein Verfahren der Ölgewinnung durch Rösten und Auskochen der Früchte erwähnt ist.

und sammelte das schwimmende Fett in einem irdenen Gefäße. Das wiederholte man noch einmal oder zweimal. Das abgeschöpfte Fett wurde dann gehörig ausgewässert, durch ein Tuch geseiht und so lange der Sonne ausgesetzt, bis es weiß und durchsichtig war. Diese Substanz, die am meisten geschätzt wurde, wenn sie aus der Wolle attischer Schafe bereitet war, galt als ein Heilmittel gegen mancherlei Übel. Außer dem Wollfette wurden auch noch andere tierische Fette, insbesondere Gänsefett, Butter usw., zu allen möglichen, besonders kosmetischen Zwecken benutzt.

Die Verwendung der Öle.

Die Verwendung der Öle und Fette geschah zunächst stets in dem Zustande, in dem sie durch die eben beschriebenen mechanischen Gewinnungsverfahren erhalten worden waren. Eine chemische Spaltung durch Verseifung kannte man noch nicht. Da, wo sie vielleicht erfolgte, z. B. beim Waschen rohwollener Stoffe mit gefaultem Urin, wo also eine Spaltung des Wollfetts durch Ammoniak anzunehmen ist, wurde man sich ihrer nicht bewußt. Als das Spaltungsprodukt, die Seife, bekannt wurde, verwendete man sie zunächst nicht als Reinigungsmittel; wie die Reinigung der Gespinste und Gewebe geschah, ist in dem von diesen handelnden Abschnitte berichtet. Zur Reinigung des Körpers dienten verschiedenartige Reinigungsmittel: Bei den Juden Pottasche und Soda (Pinner), bei den Griechen Kleie, Sand, Asche und Bimsstein, bei den übrigen Völkern ähnliche Stoffe, des weiteren alle möglichen Salben und vor allem Öle, mit denen man den ganzen Körper einrieb, und deren Überschuß man dann abkratzte (Abb. 180) usw. usw. Besonders wichtig als Reinigungsmittel aber waren die Bäder, deren Bereitung schon Homer beschreibt (Bad des Odysseus bei der Zauberin Kirke, Odyssee, 10. Gesang, Vers 358 ff.):



Abb. 180. Der „Apoxyomenos“.
Der „Schaber“, ein Athlet, der seinen Körper durch Einreiben mit Öl und nachfolgendes Abschaben mit dem Schabeisen reinigt. Marmorkopie nach einer Erzstatue des Lysippos.
Vatikanisches Museum, Rom.

Aber die vierte Magd trug Wasser und zündete Feuer
Unter dem großen Dreifuß an, das Wasser zu wärmen.
Und, nachdem das Wasser im blinkenden Erze gekochet,
Führte sie mich in das Bad und strömt aus dem dampfenden Kessel
Lieblich gemischtes Wasser mir über das Haupt und die Schultern
Und entnahm den Gliedern die geistentkräftende Arbeit.
Als sie mich jetzo gebadet und drauf mit Öle gesalbet ...

Die Seife selbst soll nach Plinius (XXVIII 191) eine Erfindung der Gallier sein, die sie aber gleichfalls nicht als Reinigungs-, sondern als Verschönerungsmittel

für die Haare anwandten. Sie wurde aus Fett, besonders Ziegenfett und Asche (Pottasche), vor allem Buchenholzasche, hergestellt, wobei in der Tat eine Verseifung des Fettes erfolgt. Plinius erwähnt zwei Arten von Seife, eine härtere und eine weichere. Eine Rotfärbung des Haares, wie Plinius angibt, trat durch den Gebrauch der Seife allein wohl kaum ein.

Die Seife dürfte zunächst auch in Rom lediglich als Mittel zur Haarpflege sowie für arzneiliche Zwecke angewendet worden sein. Galen (131—201 n. Chr.) erwähnt zum erstenmal (XII 170, 180), daß die Seife zum Waschen diene. Er gibt der deutschen Seife als der härtesten den Vorzug, dann folge die gallische. Sie wirke, wie er berichtet, erweichend und werde benutzt, um Schmutz von Körper und Kleidern wegzunehmen. Dieser Unterschied zwischen harter und weicher Seife, den Galen macht, und den auch Plinius (a. o. O.) bereits andeutet, rührt daher, daß die deutsche Seife als mit Buchenholzasche hergestellte Kaliseife weicher ausfiel. Die gallische Seife, die mit der natronhaltigen Asche von Seepflanzen bereitet wurde, war eine Natronseife und infolgedessen hart. Auch der Arzt Serenus Sommonicus, der im dritten Jahrhundert n. Chr. lebte und Leibarzt des Kaisers Septimus Severus war, erwähnt die Seife als Reinigungsmittel, allerdings in einem Gedicht, das von der Behandlung verschiedener Krankheiten spricht, so daß mehrfach geäußerte Zweifel berechtigt erscheinen.

Unendlich groß ist die Zahl der Produkte, die man außer der Seife im Altertum aus Ölen und Fetten herstellte. Schon die Ägypter bereiteten die verschiedenartigsten Salben, indem sie Öle und Fette, deren Schmelzpunkt ein Erstarren bei gewöhnlicher Temperatur zur Folge hatte, mit Wohlgerüchen der verschiedensten Art vermengten, die wohl fast durchweg aus Pflanzenölen bestanden. Beliebt waren bei fast allen Völkern des Altertums die Wohlgerüche des Baumöls, des Rosenöls, des Mandelöls, von Kalmus, Zimmet, Kassia, Ladanum, Weihrauch, Narde, Sesam, Lorbeer, Majoran, Lilie, Iris, Granate, Zyprus, Amaravum, Malabathrum, Honig, Onanthe, Koniferenharze usw. (z. T. nach Galen). Außer in Form von Salben wendete man die Wohlgerüche auch noch in der von Ölen sowie als Pulver an. Der in Rom beliebteste Wohlgeruch war das „Sussineum", bestehend aus Lilien, Bohnenöl, Honig, Zimt und Safran (Plinius). Im alten Aquileja hat man ein Parfüm ausgegraben, dessen Analyse durch Majonica ergab, daß es ein aus der kretischen Cistrose (Cistus cretinus) gewonnenes Harz war.

Ganz besonders waren im Altertume Schminken beliebt. Man schminkte sich bei allen alten Völkern, und die Verse, mit denen der Spötter Martial die Römerin verhöhnt, galten wohl für alle Frauen des Altertums (n. Oberbreyer):

„Galla, dein Putztisch flickt dich aus hundert Lügen zusammen,
Während in Rom du lebst, rötet am Rhein sich dein Haar,
Wie dein Seidengewand, so hebst du am Abend den Zahn auf,
Und zwei Drittel von dir liegen in Schachteln verpackt.
Wangen und Augenbrauen, womit du Erhörung uns zuwinkst,
Malte der Zofe Kunst, welche dich morgens geschmückt.
Darum kann kein Mann zu dir: Ich liebe dich! sagen;
Was er liebt, bist nicht du; was du bist, liebet kein Mann."

Bei den Ägyptern gab es schon eine richtige Schminkenfabrikation, die nachweisbar 4400 Jahre zurückreicht. Auch damals wurden schon Stangenschminken hergestellt, die wahrscheinlich Fettschminken waren, obschon sich das Fett nicht mehr nachweisen ließ, da es sich im Laufe der Jahrtausende zersetzt hatte. Man goß diese Fettschminke

in die hohlen fingerdicken Stengel von Gramineen, die unterhalb eines Knotens abgeschnitten waren, so daß dieser Knoten als Verschluß des einen Endes diente. Das benutzte Fett war vielleicht Wollfett, vielleicht aber bestand es auch aus Olivenöl. Darauf läßt die sorgfältige Umhüllung mit Pflanzenfasern und Gräsern schließen, in die die Stangenschminke eingewickelt war. Außerdem bewahrte man die Schminke in Töpfen von gebranntem Ton sowie in Gefäßen von Alabaster, Elfenbein usw. usw. Pastenähnliche Schminken wurden in Blätter eingepackt, wenigstens zeigten einzelne Funde Eindrücke von Dikotyledonenblättern. Altägyptische Schminken sind in zahlreicher Menge analysiert worden. So hat A. v. Baeyer mehrere aus Mumiengräbern zu Achim stammende schwarze Schminken, die zum Färben der Augenlider und Augenbrauen dienten, untersucht und gefunden, daß sie aus einem Gemenge von Schwefelblei und Kohle bestehen und jedenfalls durch Glühen von schwefelsaurem Blei mit Kohle hergestellt wurden. Er glaubt, daß die Ägypter zur Herstellung des erforderlichen Bleivitriols das ihnen bereits bekannte Blei durch Erhitzen an der Luft in Bleiglätte überführten, diese in Essig lösten und daraus durch Zusatz von Alaun Bleisulfat ausfällten. Durch Glühen des letzteren mit Kohle erhält man, wie Baeyer durch eigens angestellte Versuche nachwies, ein mit den untersuchten Schminken gleiche Eigenschaften zeigendes Produkt.

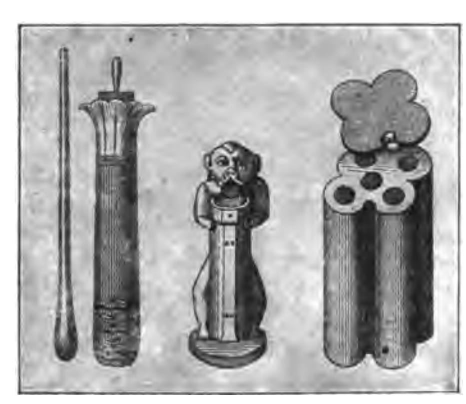


Abb. 181. Ägyptische Schminkgefäße.
Links Schminkstab zum Entnehmen der Schminke.

Eine ebenfalls von Baeyer untersuchte, dem Britischen Museum gehörige grüne Schminke bestand aus Grünspan und etwas Harz. Salkowsky fand bei seinen Analysen derartiger Schminken ebenfalls fast stets Schwefelblei, in einer einzigen Schminke Braunstein. Russel glaubt, daß das ebenfalls häufig in schwarzen Schminken nachgewiesene Mineral Bleiglanz, das sich in Ägypten selbst nicht vorfindet, aus Ispahan stammt; in allen diesen untersuchten Proben wurde niemals Antimon gefunden, obgleich durch Berthelots Untersuchungen feststeht, daß es die Ägypter gekannt haben mußten.



Abb. 182. Löffel für Schminken oder Salben.
Aus grünglasiertem Stein. Auf dem Griff schwimmende Frau zwischen Lotosblumen. Länge 7,8 cm.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Später haben der bekannte Ägyptologe Ebers sowie A. Wiedemann dem Universitätslaboratorium zu Erlangen je eine Serie von Schminken übergeben, welche

von W. M. Flinders Petrie aus Gräbern in der Nähe von Illahûn, Kahûn und Gurob ausgegraben wurden.

Die Schminken selbst waren entweder feine Pulver von verschiedener Farbe, die unterm Mikroskop schwarze Kristalle des regulären Systems, Quarzkörner, Pflanzenreste, grüne und rote Kristallsplitter erkennen ließen, oder sie waren zu fingerdicken, zylindrischen Stangen geformt, die infolge der Jahrtausende dauernden Austrocknung bedeutende, oft bis zur Mitte sich erstreckende Längsrisse aufwiesen. Mit welchem Bindemittel diese letztere Art von Schminken zubereitet war, konnte nicht festgestellt werden, da sich natürlich auch hier Fette im Laufe der Zeiten zersetzt haben würden und Harze nicht nachweisbar waren. Die Analyse der mineralischen Bestandteile ergab, daß zu schwarzen Schminken meist Bleiglanz, in selteneren Fällen Antimonglanz verwendet wurde. Da sich nebenbei fast immer noch schwefelsaures

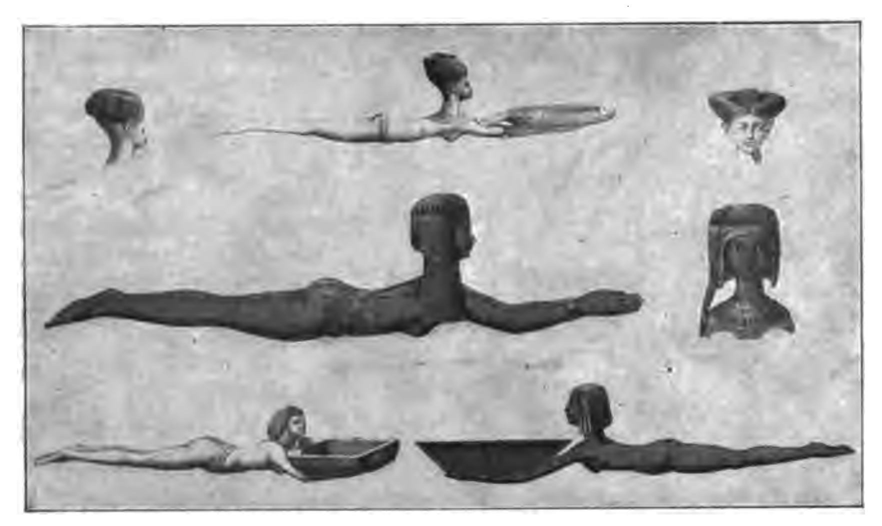


Abb. 183. Halter (ägyptisch) für Wohlgerüche, Schminken, Parfüm, Tusche usw.

Blei, oft in nicht unbeträchtlichen Mengen vorfand, so ist die Annahme nicht ungerechtfertigt, daß der Bleiglanz entweder schwach geröstet wurde, oder sich unter Einwirkung eines feuchten Bindemittels oxydierte. Die erwähnten beiden Erze finden sich in Ägypten nirgends vor und sind deshalb wahrscheinlich aus den großen Erzlagerstätten Indiens über Arabien bezogen worden.

Auch Pyrolusit (Braunstein) fand zuweilen Verwendung, jedoch nur selten für sich allein; ebenso finden sich Kupferoxyd, aus dem Karbonat durch Glühen dargestellt, sowie Eisenoxyduloxyd verhältnismäßig selten. Zur Herstellung brauner Schminken dienten stark eisenhaltige Tone. Die grünen Schminken sind entweder Glasflüsse oder auch natürlich vorkommende Silikate, die fein gepulvert und mit basischem Kupferkarbonat gemengt wurden. Diese grünen Schminken dienten außer als Mittel gegen Augenkrankheiten nach Hille wahrscheinlich auch dazu, um das Weiße des Auges zu färben, doch dürfte es sich wahrscheinlich nur um ein Bemalen des Augenrandes gehandelt haben. Das zum Schminken der Fingernägel dienende Orangerot wurde aus der Hennapflanze (Lythracee Lawsonia inermis L.) bereitet. Das aus ihren Blättern, Stengeln und Blüten gewonnene grobe Pulver findet sich in zahlreichen alt-

ägyptischen Gräbern. Da sich der Saft erst auf Zusatz von Alkali organgerot färbt, so wurde zur Hervorbringung der Färbung wahrscheinlich Soda oder gebrannter Kalk verwendet.

Im Gegensatz zu der Vielseitigkeit der Ägypter kannten die Juden nur eine einzige Schminke, nämlich den Grauspießglanz, der dazu diente, dem Auge mehr Glanz und Feuer zu verleihen. Diese Schminke wurde „Puch" genannt und ist erwähnt in Jerm. 4, 30: „Und wenn du aufreißest durch Puch deine Augen". Es ist anzunehmen, daß dieser Grauspießglanz (Schwefelantimon Sb_2S_3) durch Karawanen aus Arabien gebracht wurde (Pinner).

Abb. 184. Ägyptischer Toilettenkasten aus Schilf (um 2000 v. Chr.).
Höhe 0,34m; Breite 0,20 m; Länge 0,27 m. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Die Griechen, bei denen übrigens die Pflege des Körpers mehr durch Gymnastik als durch Kosmetik erfolgte, bemalten in ihrer vorklassischen Zeit den ganzen Körper. Als rote Schminke dienten später verschiedene der bei den Farben erwähnten roten Pflanzenauszüge, noch später wurde Zinnober verwendet. Die weiße Schminke war Bleiweiß. Sie wurde, wie athenische Gräberfunde aus dem 3. Jahrhundert v. Chr. ergaben, in Form von runden Tabletten in den Handel gebracht. Als Enthaarungsmittel diente Auripigment As_2S_3 (Rhousopoulos).

Ihre höchste Ausbildung erreichte die Kunst des Schminkens und damit auch die Fabrikation der Schminken bei den Römern. Als weiße Farbe dienten zerriebener Krokodilmist, Erde von Chios, Kreide, vor allem aber auch Bleiweiß. Als rote wurden Rötel, Zinnober, Mennige und Orseille verwendet. (Martial: „Lycoris, deren Gesicht eine schwärzere Farbe hat als die Maulbeere, wenn sie vom Baume fällt, dünkt sich schön, wenn sie das Gesicht mit Bleiweiß bedeckt.") Dioscorides und Plinius erwähnen, daß alle Bleipräparate (also auch die Schminken) giftig sind, eine Erkenntnis, die aber ihrer Verwendung keinen Eintrag getan zu haben scheint. Die schwarze, zum Nachziehen der Augenbrauen dienende Schminke war entweder Ruß oder Blei oder gepulverter Spießglanz (Schwefelantimon $Sb_2 S_3$). Diese kostbare, übrigens auch schon in altägyptischer Zeit verwendete Schminke wurde damals schon oft mit Schwefelblei gefälscht (Kobert). Ganz raffinierte Damen verwendeten teurere Schminken, die aus der Asche von Dattelkernen, Narde oder gebrannten Rosenblättern bereitet wurden. Im übrigen schminkten sich auch die Männer Roms, allerdings nur bei besonderen Gelegenheiten. Das Gesicht des Triumphators, der

in der Hauptstadt einzog, wurde mit Mennige rot bestrichen. Sonst beschränkte sich der Schmuck der Männer meist auf das Tragen von Schönheitspflästerchen (splenia). Das Haar wird schwarz oder blond gefärbt: schwarz mit den eben erwähnten Mitteln oder mit Blutegeln, die längere Zeit in einem irdenen Topfe zusammen mit Wein und Essig gefault hatten. Blond bzw. rot färbte man mit der aus Deutschland bezogenen Seife, die in Form von Kugeln verkauft wurde.[1]) Martial nennt diese Kugeln „Mattiakugeln", nach dem germanischen Orte Mattium, wo sie hergestellt wurden. Man nimmt an, daß damit das heutige Marburg gemeint war. Ovid klagt, daß dieses Haarfärbemittel schädlich war. Wahrscheinlich hat ein darin vorhandener Überschuß an Alkali das Haar zerstört. Daß man auch unschädlichere färbende Pomaden herzustellen verstand, beweist die Analyse einer solchen bei Ticino ausgegrabenen, die sich noch unversehrt in ihrem Aufbewahrungsgefäß befand. Sie bestand nach Reutter aus einem Gemisch von Bienenwachs mit Fett, dem Storaxharz und Terpentinöl zugesetzt waren. Die Gegenwart von weinsauren Salzen läßt auf ein Anfeuchten mit Wein schließen. Die gelbe Farbe war durch Zusatz von Henna erzeugt. Es handelte sich also um eine Pomade zum Blondfärben des Haares. In den Zeiten des höchsten Luxus puderte man das Haar mit Goldstaub.

[1]) Siehe S. 119: „rötet am Rhein sich dein Haar".

Literatur zum Abschnitt: „Öle, Fette, Seifen und Wohlgerüche".

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Band I, Leipzig und Berlin 1912.

Deite, Handbuch der Seifenfabrikation. Berlin 1887.

Eibner, Über das punische Wachs. Beil. z. Allg. Zeitung, München 1905, Nr. 275 bis 276.

— Ein altes Medikament. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1905, S. 92.

Einiges Historisches von der Butter. Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene 1916, Heft 11, S. 174.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Goldschmidt, Chemie, Analyse, Technologie der Fettsäuren, des Glyzerins, der Türkischrotöle und der Seifen. Leipzig 1911.

Hehn, Kulturpflanzen und Haustiere in ihrem Übergang aus Asien nach Griechenland und Italien. Berlin 1912.

Herodot, Geschichten, 1. Buch 193, 2. Buch 85—89; 4. Buch. 74.

Hoops, Reallexikon der germanischen Altertumskunde. Band 3. Straßburg 1915.

Joseph, Handbuch der Kosmetik. Leipzig 1912.

Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Kopp, Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843—1847.

Laton, Der Ölbaum und seine Geschichte. Aus der Natur 1912, S. 579.

Leichner, Über Puder und Schminke. Polytechnisches Zentralblatt 1894/95, S. 117.

Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit. Stuttgart 1912.

v. Lippmann, Chemische Papyri d. 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.

— Chemisches aus dem Papyrus Ebers. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.

v. Lippmann, Die chemischen Kenntnisse d. Dioskorides. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

— Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.

Neuburger, Die chemische Zusammensetzung altägyptischer Augenschminken. Prometheus 1893, S. 355.

Pagel, Geschichte der Kosmetik. In: Joseph, Handbuch der Kosmetik. Leipzig 1912.

Pinner, Chemisches aus der Bibel. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Prisse d'Avennes, Histoire de l'art égyptienne. Paris 1879.

Reutter, Les parfums égyptiens. Bull. de la société française d'histoire de la médicine. 1913, S. 159.

Reutter, Zusammensetzung einer römischen Pomade. Zeitschrift für angewandte Chemie (n. Comptes rendus de l'Academie des Sciences 1916. 162. 470) Referatenteil 1916, S. 449.

Rhousopoulos, Chemische Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1909, S. 287.

Schelenz, Seifenbehelf. Deutsche Parfümerie-Zeitung 1916, S. 46.

Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschr. Die Kultur 1905, S. 474.

Werner, Ovid als Kosmetiker. Deutsche Parfümerie-Zeitung 1916, 16, 98.

Woenig, Die Pflanzen im alten Ägypten. Leipzig 1897.

Kältetechnik und Konservierung.

Von den heute üblichen Konservierungsverfahren wandten auch die Alten schon die wichtigsten an, nämlich die Kälte, das Einsalzen, das Austrocknen und den Abschluß der Luft. Wie jetzt, so diente damals bereits die Kälte nicht nur zur Konservierung, sondern auch zur Erzeugung künstlicher Kühlung. Es entstand so, unabhängig von der Konservierung, eine besondere Kältetechnik, die teilweise auf den Verfahren des Wärmeaustausches, teilweise auf der Herbeiführung von Verdunstungskälte sowie auch auf der von Temperaturerniedrigung durch Auflösung beruhte.

Die Kältetechnik.

Diese Kältetechnik ist schon sehr alt. Bereits im altchinesischen Liederbuch „Schiking" finden sich in einem älteren über das Jahrtausend v. Chr. zurückreichenden Abschnitte religiöse Zeremonien für das Füllen und Entleeren der Eiskeller vorgeschrieben. Leider ist über die Beschaffenheit dieser Eiskeller nichts bekannt, insbesondere nicht, ob man gegen die Wärme isolierende Schichten verwendete. Auch die Juden benutzten Schnee zur Kühlung ihrer Getränke. In den Sprüchen Salomonis heißt es: (25, 13): „Wie die Kühle des Schnees zur Zeit der Ernte, so ist ein getreuer Bote dem, der ihn gesandt hat und erquickt seines Herrn Seele". Nach wichtigen technischen Grundsätzen legten die Griechen und Römer, insbesondere aber die letzteren, ihre Schneekeller an. Es waren große Gruben, die mit Gras, Spreu oder (nach Seneca) mit Erde, Mist oder Baumzweigen bedeckt wurden, so daß also, wie man gestehen muß, die Wahl der gegen die Wärme isolierenden Stoffe nach sehr richtigen Grundsätzen geschah. Außerdem preßte man den Schnee, ehe man ihn in die Gruben brachte, noch fest zusammen. Da er unter Druck in Eis übergeht, so erscheint es nicht ausgeschlossen, daß man damals bereits nach diesem Verfahren ein künstliches Eis erzeugte. Der Schnee mußte oft weit hergeholt werden; vielleicht hat man Pressen auch benützt, um den Transport, über dessen Einzelheiten uns nichts weiter bekannt ist, zu erleichtern. Über den Schutz, den die Spreu gegen das Schmelzen des Schnees gewährt, stellt Plutarch eingehende Erörterungen an, aus dessen Betrachtungen im übrigen noch hervorgeht, daß man den Schnee, um ihn lange zu erhalten, auch in dicke Tücher einhüllte. Im übrigen soll die eben beschriebene Art der Aufbewahrung nach Athenäus schon von Alexander dem Großen angewendet worden sein. Den Schnee warf man direkt in die Getränke. Auch sein Schmelzwasser wurde zu dem gleichen Zwecke benutzt, nachdem man es vorher, um es zu reinigen, durch Tücher und Siebe hatte laufen lassen. Der Genuß der stark gekühlten Getränke erzeugte, wie Plinius (XXXI 21) erwähnt, die verschiedenartigsten Krankheiten. Als man sich dieses Umstandes bewußt war, kühlte man die Getränke von außen her, indem man die Gefäße in Schnee stellte, eine Erfindung, die von Kaiser Nero herrühren soll (Plinius XXXI 23), so daß wir also in diesem den Erfinder des Sektkühlers zu erblicken hätten. Galen berichtet, daß Nero auch die Beobachtung gemacht hätte,

vorher erhitztes Wasser kühle sich rascher ab als gewöhnliches. Diese Beobachtung, die übrigens jedoch bereits von Aristoteles (Meteorologie I 12) erwähnt wird, ist richtig: das gewöhnliche Wasser enthält Luft und Kohlensäure, die die Abkühlung verzögern. Aus gekochtem Wasser sind beide Gase ausgetrieben.

Im übrigen ging man nach den Berichten des Galen besonders in Ägypten noch vielseitiger vor, um eine künstliche Abkühlung des Wassers herbeizuführen. Man stellte vorher erwärmtes Wasser in flache Tonschalen und ließ sie über Nacht auf dem Wind abgewandten Dächern stehen. Am anderen Morgen stellte man sie in feuchte, in die Erde gegrabene Höhlungen und bedeckte sie mit feuchten Blättern. Es wird also hier von der durch Verdunstung erzeugten Kälte in ausgiebigem Maße Gebrauch gemacht, die ja auch in der Gullah (siehe den Abschnitt „Keramik") in sehr sinngemäßer Weise zur Erzeugung eines kühlen Trunkes von altersher ausgenützt wurde. Nach den Berichten des Athenäus ließ man in Ägypten diese Tonschüsseln während der ganzen Nacht durch Knaben von außen anfeuchten, um die Verdunstung zu erhöhen. Darüber, wie weit die herbeigeführte Abkühlung geht, sind die Ansichten sehr geteilt, ebenso wie darüber, ob die Sonne infolge lebhafterer Verdunstung oder der Schatten infolge der Verdunstung in Verbindung mit seiner Kühle besser wirkt. Dollinger berechnet bei einem Topf von 5 Liter Inhalt, von dem 1/10 verdunstet ist und einer Temperatur von 33 Grad einen Wärmeentzug von 58,5 Kalorien, was einer Abkühlung von 12 Grad entsprechen würde, die aber nie eintreten kann, da ein Teil der Wärmeeinheiten nicht vom Wasser, sondern von der umgebenden Luft geliefert wird und da durch die Öffnung des Topfes Wärme zum Wasser zutritt. v. Luschan hingegen vermochte bei 40 Grad Wasser oder Tee um volle 25 Grad abzukühlen. Versuche, die besser als theoretische Berechnungen die besten Abkühlungsmöglichkeiten erkennen lassen, wollte der Verfasser selbst in Ägypten anstellen. Sie waren für den Winter 1914/15 vorgesehen, mußten aber wegen des inzwischen ausgebrochenen Krieges unterbleiben.

Davon, daß man auf diese Weise Eis erzeugt hätte, wird nichts berichtet, doch war den alten Indern schon von alter Zeit her ein Verfahren der künstlichen Eiserzeugung bekannt. Es beruhte auf dem gleichzeitigen Zusammenwirken von Verdunstungskälte und Wärmeausstrahlung. Man stellte über Nacht flache, mit Wasser gefüllte Schalen aus porösem Ton auf Reisstroh in kleine Erdgruben. Das Wasser friert dann infolge starker Ausstrahlung und gleichzeitiger Verdunstung: am Morgen sind die Schalen mit Eis bedeckt,. Diese Form der Eiserzeugung mag im übrigen bei vielen Völkern bestanden haben. Durch einen Zufall wissen wir, daß sie auch den Esten um das Jahr 800 n. Chr. bekannt war. Die im Altertume so beliebte Abkühlung der Luft durch Springbrunnen, Wasserbassins, sowie durch Begießen der Marmorfließen mit Wasser stellt gleichfalls eine Ausnützung der Verdunstungskälte dar.

Inwieweit man von der Lösungskälte Gebrauch machte, ist nicht bekannt. Daß sie verwendet wurde, dürfte sicher sein. Einmal geht dies aus der aus dem 4. Jahrhundert n. Chr. stammenden indischen Schrift „Pancatantram" hervor, in der es heißt: „Dann ist das Wasser kühl, wenn es Salz enthält". Andererseits aber tritt bei der Lösung bestimmter, den Alten wohlbekannter und von ihnen vielfach verwendeter Salze, so insbesondere des Salpeters, eine starke Abkühlung ein, und es ist nicht anzunehmen, daß diese unbemerkt blieb.

Auch die Wärmeableitung wurde — allerdings in sehr origineller Weise — zur Herbeiführung einer künstlichen Kühlung verwendet. Man umgab sich mit Kaltblütern und benutzte kalte Steine, um sich Kühlung zu verschaffen. Herodot

berichtet von den Ägypterinnen des 5. Jahrhunderts v. Chr., die sich derartiger Mittel sowie gleichzeitig auch der Verdunstungskälte bedienten, um ihr Dasein angenehmer zu gestalten: „Sie ließen das Lager in ihrer Sänfte mit einer dichten Schicht grüner Blätter und Blumen bedecken, auf der sie sich ausstreckten, nur mit einer zarten Linnentunika bekleidet. Man schloß die Vorhänge, und dann benetzte man sie mit kühlem Wasser. Dazu rollten sie um ihren Hals und um ihre Arme zwei oder drei lebende Nattern, und in jede Hand nahmen sie eine Quarzkugel, ein Mineral, dessen Temperatur ständig unterhalb der der umgebenden Luft bleibt".

Die Verfahren der Konservierung.

Daß die Kälte im Altertum auch Konservierungszwecken diente, geht aus verschiedenen Angaben, vor allem auch aus altrömischen Kochbüchern hervor, in denen der Rat gegeben wird, gewisse Speisen, insbesondere Sülzen, mit Schnee zu bedecken. Da gerade diese besonders leicht der Verderbnis ausgesetzt sind, und da der Schnee als solcher kaum als Leckerbissen gegolten haben dürfte, so kann es sich hier nur um ein Konservierungsverfahren handeln.

Im übrigen bediente man sich zum Konservieren insbesondere der Nahrungsmittel vor allem der Austrocknung an der Luft, des Räucherns, dann aber auch des Einsalzens und des Luftabschlusses. Dieser erfolgte vor allem durch Einlegen von Nahrungsmitteln in Öl (Columella, d. re rustica V 8). Außerdem legte man aber auch in Essig, in Salz und in Salzwasser ein (a. a. O.). Das Einsalzen scheint allgemein im Gebrauche gestanden zu haben. Herodot (IV 53) berichtet von dem Flusse Borysthenes, der im Lande der Skythen fließt: „An seiner Mündung schießt von selbst eine unendliche Menge von Salz an, und große Haifische ohne Gräten liefert er zum Einsalzen, die sie Antakäer nennen, und viele andere bewundernswerte Dinge". Konservierte Fische aus altägyptischer Zeit haben sich bis jetzt vollkommen unversehrt erhalten. Allerdings war das Konservierungsverfahren ein etwas kompliziertes. Es handelt sich um den bei den alten Ägyptern heiligen Lates niloticus, einem barschartigen Fisch, von dem große Mengen sowohl in einer sich östlich der Stadt Esnéh erstreckenden Sandwüste gefunden wie auch aus Gräbern ausgegraben wurden. Die Fische wurden mit leinenen Streifen umwickelt und dann in das Wasser der stark sodahaltigen Seen Ägyptens eingelegt, mit dem man sie längere Zeit in Berührung ließ. (Die Untersuchungen französischer Gelehrter erbrachten den Nachweis des Vorhandenseins von Natrium; ob dieses Natrium von der Verwendung von Soda oder von der von Kochsalz herstammt, erscheint nach den sogleich zu besprechenden neueren Forschungen über die Herstellung von Mumien zweifelhaft.) Dann wurden die Fische in eine Mischung von Sand und Ton gepackt und abermals in eine Salzlake gelegt. Sie sehen zum Teil heute noch so aus, als ob sie eben erst aus dem Wasser gekommen wären. Die Haut hat Glanz und Farbe, in den Augen ist die Regenbogenhaut deutlich zu erkennen. Es dürften bei dieser Art der Konservierung die Einpökelung, der Luftabschluß (Ton) sowie die Austrocknung durch die trockene ägyptische Luft zusammengewirkt haben, um ein derartiges Ergebnis zu zeitigen.

Die Mumien.

Die höchste Stufe ihrer Vollendung erreicht jedoch die alte Konservierungstechnik in den altägyptischen Mumien. Sie sind der Gegenstand vielfacher Unter-

suchungen gewesen, ohne daß es jedoch bis jetzt gelungen wäre, jede Einzelheit ihrer Herstellung vollkommen aufzuklären. Immerhin haben jedoch neuere Forschungen und Analysen so viel erwiesen, daß der Bericht, den Herodot (II 86) gibt, ebenso wie der des Diodor im allgemeinen zutrifft. Da die älteste aller bekannten Mumien aus der Zeit um etwa 3000 v. Chr. stammen dürfte, so scheint es auf den ersten Blick, als ob die von den alten Ägyptern angewendeten Verfahren geeignet sein könnten, eine über Jahrtausende sich erstreckende Konservierung vollständiger Leichname zu ermöglichen. Dieser Auffassung ist, wie W. A. Schmidt auf Grund seiner Untersuchungen mit Recht hervorhebt, irrig. Wir werden auf die Ergebnisse dieser Untersuchungen weiter unten noch zurückkommen, hier sei nur hervorgehoben, daß sich in den Mumien niemals Blut bzw. Hämoglobin und seine Abkömmlinge nachweisen ließen. Die Konservierung erstreckt sich nur auf das Skelett und die Haut sowie auf Nägel, Haare, Sehnen und Knochen.

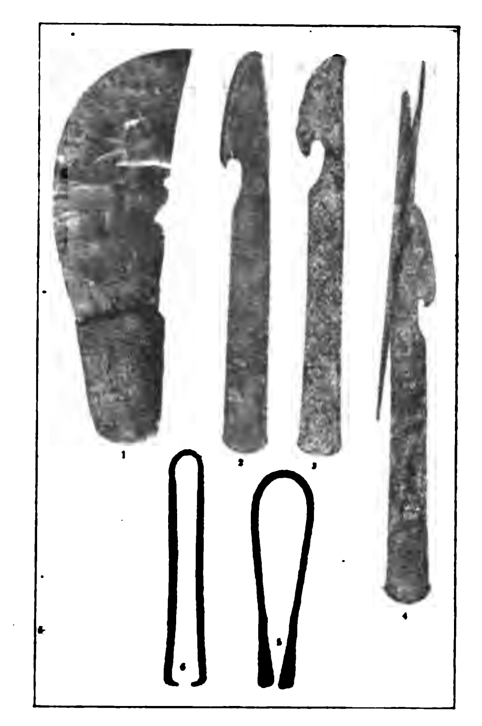


Abb. 185 u. 186. Ägyptische Mumienmacherinstrumente.

Die Muskulatur ist auf ein geringes zusammengeschrumpft und stellt nur noch eine faserige tabakähnliche Masse dar. Erst bei jüngeren Mumien, den sogenannten „Koptenmumien" aus dem 5. Jahrhundert n. Chr., ist nach Schmidt die Muskulatur derartig erhalten, daß man von einer Konservierung des Fleisches sprechen kann.

Die Herstellung der Mumien geschah nun (Herodot und Diodor) auf folgende drei Arten, von denen je nach dem Reichtum des Einzubalsamierenden bald die eine, bald die andere zur Anwendung kam. Das erste Verfahren kostete ein Talent (etwa 4500 Mark) das zweite 20 Minen (etwa 1500 Mark), das dritte war sehr billig. Beim ersten verfuhr man in der Weise, daß das Gehirn zum Teil mit einem krummen Eisen durch die Nasenlöcher herausgezogen wurde, zum anderen Teil wurde es durch Eingießen heute unbekannter Mittel entfernt. Dann geschah mit Hilfe eines scharfen äthiopischen Steins ein Einschnitt in die Weiche, durch den die Eingeweide herausgenommen wurden. Man reinigte sie mit Palmwein und streute zerriebene Spezereien darauf. Der Bauch wurde mit zerriebenen Myrrhen, mit Kassia und allem übrigen Räucherwerk, jedoch nicht mit Weihrauch, angefüllt und dann wieder zugenäht. Hierauf wurde die Leiche siebzig Tage lang in „Natrum" (siehe Seite 130) eingelegt. Nach Verlauf dieser Zeit wusch man sie, umwickelte den Leib mit feiner Byssusleinwand und überstrich ihn mit Gummi. Dann kam die Leiche in einen Holzkasten, der sich der Form der Mumie anpaßte. In diesem wurde sie aufrecht an die Wand gestellt.



Abb. 187. Eingeweidekrug (Kanope), der zur Aufnahme der Eingeweide von Mumienleichen diente. Deckel in Form eines Menschenkopfes. Der untere Teil ist mit Leinewand überzogen und schwarz bemalt. Höhe 0,33 m. Theben. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Die zweite Art der Mumienherstellung war die folgende: Klistierspritzen wurden mit Zedernholzöl gefüllt. Der Leib wurde nicht geöffnet, und es wurde auch der Magen nicht herausgenommen. Dann wurde das Öl durch den After, der wieder geschlossen wurde, eingespritzt. Die Leiche wurde wieder in die Natrumlösung eingelegt und nach Verlauf von siebzig Tagen herausgenommen. Dann ließ man das Zedernöl wieder ausfließen, das Magen und Eingeweide aufgelöst mit herausbrachte. Das Fleisch wird nach Herodot vom Natrum aufgelöst, so daß von der Leiche nichts übrig bleibt als Haut und Knochen.

Die dritte Art der Einbalsamierung, die billigste, erfolgt durch Waschen und Ausspülen des Bauches mit einer reinigenden Flüssigkeit und siebzigtäges Einlegen der Leiche.

Nach diesen hauptsächlichsten Grundsätzen verfuhr man auch bei der Einbalsamierung der heiligen Tiere. Im übrigen aber gab es verschiedene Abweichungen von diesen Verfahren. So findet man die Verwendung von mannigfachen Harzen, Asphalt, Pech, aromatischen Wässern, teuren Ölen, Blumen usw. usw. Nach den Untersuchungen, die Elliot Smith an den Mumien von 44 Priestern und Priesterinnen aus der 21. Dynastie (11. Jahrhundert v. Chr.) anstellte, übte man damals ein Verfahren aus, durch das die natürliche Form des Körpers gesichert werden sollte. Insbesondere wollte man das Einschrumpfen des Leibes und die Verdrehung des Körpers verhindern. Zu diesem Zwecke bediente man sich des Füllens oder Stopfens. Das Fleisch wurde ersetzt, indem man an seiner Stelle dauerhafte Stoffe wie Lehm,

Sand oder Sägespäne unter die Haut brachte, oft unter Beimengung wohlriechender Stoffe. Später wurde dieses Ausstopfungsverfahren wieder verlassen und versucht, durch Einwickeln der Glieder und des Körpers in Binden seine äußere Gestalt zu sichern. Noch später wurden Verdrehungen durch Anwendung von Pech und Binden verhindert. Die von Herodot erwähnte Öffnung im Dache der Nasenhöhle, durch die man das Gehirn herauszog, wurde von Smith an allen Mumien der 17. und späteren Dynastien aufgefunden. Die während des Einlegens in den vier „kanopischen Vasen" aufbewahrten Eingeweide wurden in vier Päckchen wieder in die Körperhöhle eingeführt.



Abb. 188. Eingeweidekrug (Kanope). Deckel in Form eines Sperberkopfes. Mit Asphalt überzogen und dann mit gelber Farbe bemalt. Holz. Höhe 0,32 m. Berliner Museum, Ägyptische Abteilg.

Aus den zahlreichen über die Mumien und ihre Bestandteile vorliegenden analytischen Befunden seien die nachstehenden als die insofern wichtigsten hervorgehoben, als sie uns bemerkenswerte Aufschlüsse über das Verfahren der Mumifizierung und der dabei verwendeten Stoffe geben. Die von A. Lucas analysierte Asche dreier Mumien enthielt 10—13,58 % in Wasser unlösliche Stoffe, hauptsächlich kohlensauren Kalk neben Eisenoxyd, Tonerde und Sand. Es hat sich nicht ermitteln lassen, ob der kohlensaure Kalk ein umgewandelter Bestandteil des Einbalsamierungsmittels oder eine zufällige Verunreinigung aus dem Erdreich ist, ebensowenig ließ sich feststellen, ob das Aluminium in Form eines Silikats oder eines löslichen Salzes zur Verwendung kam. Es scheint sich hier um Reste des Ausstopfungsmittels zu handeln. Haas beobachtete den hohen Natriumgehalt einer Mumienasche, der jedenfalls von der Tränkung mit dem von Herodot erwähnten „Natrum" herrührt. Dieses „Natrum" oder „Nitrum" wurde bisher für eine Lösung von Salpeter oder Soda gehalten, insbesondere jener Art von Soda (kohlensaurem Natron), die aus den Salzseen Ägyptens auswittert, jetzt als „Trona" bezeichnet wird und ihrer chemischen Natur nach der Formel $Na_2CO_3 . 3\,H_2O$ entspricht. W. A. Schmidt konnte in den Mumiengeweben Salpeter und kohlensaures Natron auch nicht in den geringsten Spuren feststellen; hingegen fanden sich stets, besonders in den koptischen Mumien, erhebliche Mengen

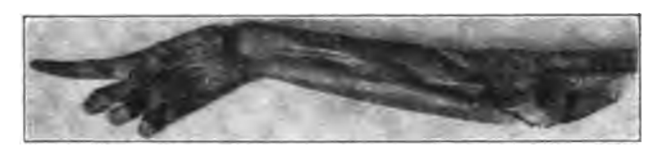


Abb. 189. Unterarm einer weiblichen Mumie (ohne Binden). Aus einem Grabe in Theben. (Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

von Kochsalz. Nach Schmidt bestand somit das Nitrumbad zweifellos aus Kochsalz. Die Mumifizierung wurde also durch ein richtiges Einpökeln der Leichen herbeigeführt. Trona wurde daneben vielfach in fester Form als Füllmaterial für die Leichen verwendet. In keiner Mumie ließen sich andere chemische Konservierungsmittel, wie Verbindungen von Quecksilber, Arsen, Blei, Zink, Antimon usw. usw. feststellen. Dem Auswaschen der Leichen mit Palmwein kommt wegen seines geringen Alkohol-

gehalts keine konservierende Wirkung zu. Der Luftabschluß durch Harz, Asphalt usw. tritt nach Schmidt gegen die Bedeutung des Pökelns und Ausdörrens zurück. Wichtig



Abb. 190. Ausgewickelte Mumie. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

ist hingegen die Umhüllung mit Bandagen, die mit Gummischleim und Harzen beschmiert waren. Daß die Austrocknung allein ohne Pökelung in der trockenen Luft Ägyptens konservierend wirken kann, beweisen vorgeschichtliche, vielleicht 6000 Jahre alte Mumien, die im Sande vergraben wurden und nachweislich keine Kochsalzbehandlung durchgemacht haben. Sie wurden vor dem Begräbnis gut ausgetrocknet. Wahrscheinlich hat die öfter stattfindende Beraubung der mit Schmuckstücken und Kostbarkeiten begrabenen Leichen sowie die Verbesserung der Werkzeuge, die es ermöglichte, Holzsärge herzustellen, zur Aufgabe des alten Luftdörrverfahrens und zur Herstellung der Mumien durch Pökeln und Trocknen geführt.

Die zum Ausstopfen der Mumien verwendete Trona wurde mit Fetten, und zwar wahrscheinlich mit Butter vermischt, doch läßt Schmidt, der die Frage der Mumienfettsäuren sorgfältigen Untersuchungen unterzogen hat, die Frage offen, ob nicht auch andere Fette zur Anwendung kamen oder ob das mit der Trona vermengte Fett langsam dem Körper entzogen wurde. Die Wahrscheinlichkeit spricht doch für eine Vermischung der Trona mit Butter.



Abb 191. Mumienhülle. Bunte Bemalung auf weißem Grunde. Gesicht dunkelrot. Theben. Berliner Museum, Ägyptische Abteilg.

Über die bei der Herstellung von Mumien verwendeten Harze liegen mannigfache Untersuchungen von Reutter, Tschirch usw. usw. vor, die sich auf Mumien aus verschiedenen Zeitaltern beziehen. Es zeigt sich, daß sowohl reine Harze, und zwar Styrax, Mastix, Aleppoharz, Kopal, ferner Asphalt, wahrscheinlich auch Chiosterpentin sowie Zedernharz und Gemische dieser Verwendung fanden. Weihrauch war nirgends nachzuweisen, so daß also die von Herodot gemachte Angabe stimmt. Seine Verwendung war in Ägypten durch Kultusgebote ausgeschlossen. In karthagischen Mumien hingegen, wo diese Verbote keine Geltung hatten, findet sich auch Weihrauch. Zum Parfümieren dienten die verschiedensten Wohlgerüche; in Karthago verwendete man meist Thymian und Mentha.

Nach Dörpfeld hätten übrigens auch die Griechen ihre Leichen, und zwar durch Räuchern konserviert. Eine Verbrennung fand nur statt, wenn man die Asche transportieren wollte. Daß im übrigen bei ihnen auch noch eine Erhaltung durch Luftabschluß üblich gewesen zu sein scheint, die durch Einlegen in Honig oder durch Umgießen mit Wachs bewirkt wurde, geht u. a. aus

dem Berichte des Plutarch (Vitae X) über den Tod des Agesilaos im Menelaushafen zu Lybien hervor: „Die anwesenden Spartaner machten also, weil kein Honig vorhanden war, einen Guß von Wachs über den Toten und führten ihn so nach Lakedämon." Ähnliches berichtet Herodot (IV 71) von den Skythen. Um die Leichen ihrer Könige transportieren zu können, überziehen sie den Leib mit Wachs, nachdem sie den Bauch aufgeschnitten, gereinigt, mit gepulvertem Safran, Räucherwerk, Aniskörnern usw. gefüllt und wieder zugenäht haben. Da dieser Füllung keinerlei konservierende Eigenschaften zukommen, so beruht die Erhaltung auf dem durch das Wachs bewirkten Abschluß der Luft.

Literatur zum Abschnitt: „Kältetechnik und Konservierung".

Dollingèr, Poröse Tongefäße zum Abkühlen von Trinkwasser. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1913, S. 768 u. 799.
Elliot Smith, Über den Ursprung der ägyptischen Mumien. Vortrag in der Philosophical Society von Glasgow, Mai 1910.
— Über die Kunst des Einbalsamierens der Leichen im alten Ägypten. Mémoires présentées à l' Institut égyptien, Band 5 Heft 1.
Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1865—1874.
Herodot, Geschichten. 1. Buch, 200; 2. Buch, 85—89; 4. Buch, 53.
Jeep, Der Asphalt und seine Anwendung in der Technik. Leipzig 1899.
v. Lippmann, Zur Geschichte der Kältemischungen. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.
Lucas, Über die von den alten Ägyptern zum Einbalsamieren verwendeten Konservierungsmittel. Chemical News 1910, S. 266.
v. Luschan, Poröse Tontöpfe usw. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1913, 799.
Mann, Balsamierte Fische. Frankfurter Nachrichten, 12. Dezember, 1911.
Medicus, Kleines Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.
Meyer, Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Leipzig 1914.
Möller, Die beiden Totenpapyrus Rhind des Museums zu Edinburg. Leipzig 1913.
Netolitzky, Ergänzungen zu „Nahrungs- und Heilmittel der Urägypter". Zeitschrift für Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln 1913, S. 425.
Peters, Heilmittel und Gifte in den Kriegen der Vergangenheit. Pharmazeutische Zeitung 1917, Nr. 24.
Reutter, Analyse eines Harzes aus einem ägyptischen Sarkophage. Chemiker-Zeitung 1911, Nr. 137.
— De l'embaumement avant et après Jésus-Christ. Paris-Neuchâtel 1912.
— de la momie ou d'un médicament démodé. Bulletin de la Société française d'histoire de la médicine 1912, S. 439.
— de la Momie ou Mumia. Sonderdruck aus Bulletin des Sciences pharmacologiques. Genf 1913.
— Zusammensetzung der zur Einbalsamierung dienenden Harze. Vortrag in der Sitzung der Société de Chimie de Genève v. 11. Dezember 1913, referiert Naturwissenschaftliche Wochenschr. 1914, S. 236.
Ruffer, Remarks on the histology and pathological Anatomy of Egyptian Mummies. The Cairo Scientific Journal Nr. 40, Januar 1910.
— Pathological notes on the Royal Mummies of the Cairo Museum. Le Caire 1912.
— und Rietti, Notes on two Egyptian mummies. Bulletin de la Société Archéologique d'Alexandrie. No. 14. Alexandrien 1912.
Schmidt, Chemische und biologische Untersuchungen von ägyptischem Mumienmaterial. Zeitschr. f. allgemeine Physiologie 1907, S. 369.
— Über Mumienfettsäuren. Chemiker-Zeitung 1908, S. 769.
Tschirsch, Über im ersten Jahrtausend vor Christi bei der Einbalsamierung der Leichen in Ägypten und Karthago benutzte Harze. Archiv f. Pharmazie 1912, S. 170.
Wiedemann, Tote und Totenreiche im Glauben der alten Ägypter. Der alte Orient. 2. Jahrg., Heft 2.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Die Keramik.

Die Entwicklung der Keramik.

Obgleich man unter „Keramik“ in erster Linie die Tonbildnerei, d. h. die Verarbeitung des Tons zu allen möglichen Kunst- und Gebrauchsgegenständen, zu verstehen pflegt, so soll in diesem Abschnitte doch auch die Herstellung verschiedener Baumaterialien, insbesondere die der Ziegel gestreift werden, da gerade im Altertume zwischen der eigentlichen Keramik und der Gewinnung von Baumaterialien mancherlei Beziehungen bestehen, die insbesondere durch die Konstruktion der Öfen, die Behandlung und Art des Materials usw. usw. geschaffen werden.

Die Keramik ist zweifellos eine der ältesten aller Techniken. Ihre Spuren gehen bis weit in die vorgeschichtliche Zeit, man kann wohl sagen, bis zu den Anfängen der Menschheit zurück. Wie man eigentlich dazu kam, aus Ton Gefäße zu formen, darüber macht Rohland sehr bemerkenswerte Angaben, der darauf hinweist, daß der französische Seefahrer Gonneville an der brasilianischen Küste hölzerne Kochgeschirre der Eingeborenen fand, die mit einer Lehmschicht umkleidet waren; löste sich durch Zufall die Holzschale von der irdenen Umkleidung ab, so blieb ein Tongeschirr übrig. Der Deutsche Rau entdeckte am Mississippi in einer alten Töpferwerkstätte der Indianer Binsen und Weiden, die mit Ton ausgekleidet waren. Wurden sie erhitzt, so verbrannten die Holzbestandteile, und das tönerne Gefäß blieb zurück. Es scheint also, daß man durch die Verwendung von Ton hölzerne Gefäße und Geflechte wasserdicht machen wollte, nachdem man zuerst vielleicht nur ihre Fugen mit Ton ausgeschmiert hatte. Aus dem Gefäße löste sich beim Trocknen der Ton, und so erhielt man die ersten ungebrannten Keramiken. Fiel nun durch Zufall ein derartiges Gefäß in das Feuer, und verbrannte dabei das Holz, so mußte man erkennen, daß der Ton der Feuersglut nicht nur widerstand, sondern durch sie sogar härter und fester wurde. So dürfte schon in Urzeiten ein Zufall das Brennen der keramischen Gefäße gelehrt haben. Hierzu kamen noch weitere Umstände, die dazu führten, daß die Keramik eine der ältesten technischen Fertigkeiten werden mußte: Der Ton ist bildsam, „plastisch“. Wenn der Fuß des Menschen durch eine Tonschicht hindurchschritt, so mußte diese Eigenschaft auffallen. Man benutzte sie dann, um ihm durch Drücken und Kneten die gewünschte Gestalt zu geben. Später geschah die Formgebung mit Hilfe von Werkzeugen, unter denen das wichtigste die Töpferscheibe ist. Ihr Alter läßt sich heute nicht mehr feststellen. Sie kommt aber bei allen Völkern des Altertums vor und dürfte wahrscheinlich in Kleinasien oder Ägypten zuerst verwendet worden sein. Uralte von dort stammende Keramiken beweisen bereits

den Gebrauch der Töpferscheibe, und in gleichfalls sehr alten ägyptischen Darstellungen sehen wir die Töpfer bei ihr an der Arbeit sitzen. (Abb. 192.)

Daß die Töpferscheibe nicht bei allen Völkern, die sie benutzten, immer jeweils wieder von neuem erfunden worden ist, sondern daß irgendwelche Verkehrsverhältnisse oder Handelsbeziehungen sie über weite Teile der vorgeschichtlichen und antiken Welt verbreiteten, dafür spricht ein merkwürdiger Umstand, der vielleicht zugleich auch ein Beweis dafür ist, daß die Kunst, den Ton zu brennen, auf dem gleichen Wege bekannt wurde. Auf allen gebrannten Tonen der ersten Zeit, mögen sie nun stammen, woher es auch immer sei, findet sich ein und dasselbe Zeichen, das Zeichen 卐, das Zeichen des „laufenden Kreuzes". Wir finden dieses Zeichen in Grönland sowohl wie an der Südspitze Amerikas, wir finden es in Skandinavien und in Afrika. Es läßt vermuten, daß die Wiege der auf dem Brennen des Tons und auf der Verwendung der Töpferscheibe beruhenden Tonindustrie in Kleinasien oder in Ägypten gestanden hat.

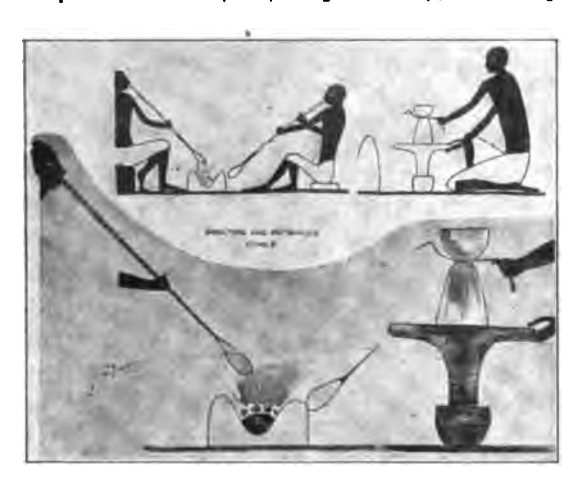


Abb. 192. Gebrauch der Töpferscheibe (rechts) bei den Ägyptern zur Zeit der 12. Manethonischen Dynastie (2380—2167 v. Chr.). Die Darstellung links erscheint nicht aufgeklärt. Die Vermutung, daß es sich um Glasblasen handelt, dürfte nach den Ausführungen im Abschnitt „Das Glas" S. 156 nicht zutreffen. Die Scheibe wird mit der linken Hand gedreht, die rechte arbeitet mit dem Formeisen. Wandgemälde aus Beni Hassan.

Noch eine weitere Erscheinung tritt allüberall auf: In der ältesten Zeit benutzte man Tone der jüngsten oben aufliegenden Erdschichten, wie sie sich eben gerade darboten. Später traf man eine Auswahl: Man erkannte, daß sich der eine Ton beim Brennen anders färbte als der andere. Zufällige Beimengungen von Eisen-, Mangan- usw. Verbindungen, bewirken dieses Verhalten. Man beginnt vielleicht Versuche anzustellen, woher diese Verfärbung kommt, und gewinnt so die Grundlagen zu einer neuen Technik, durch die gefärbte Keramiken gewonnen werden, zu einer Technik, die sich im Laufe der Zeiten — insbesondere in Griechenland und Rom — zu einer hohen Stufe künstlerischer Vervollkommnung entwickelt. Wir werden noch eingehender auf die gefärbten griechischen und römischen Keramiken und die Art und Weise ihrer Herstellung zurückkommen. Auch mit Glasflüssen beginnt man zu arbeiten, eine weitere Technik, die vielleicht gleichfalls einem Zufall ihre Entstehung verdankt; erscheint es doch nicht ausgeschlossen, daß sich beim Brennen von Tongefäßen manchmal auf der Oberfläche gefärbte oder ungefärbte Alkali- und Kalksilikate, also Glasuren, bildeten. Auch diese Glasuren finden sich schon an sehr alten Stücken. Später erreicht auch die Kunst des Glasierens oder „Firnissens", wie sie noch genannt wird, eine hohe Stufe der Vollkommenheit. Auch der Ton wird mit der Zeit durch künstliche Verfahren, vor allem durch Schlämmen gereinigt und verbessert.

Hand in Hand mit dieser Entwicklung geht die der **Ofen**. Zuerst wurden die Tongefäße wahrscheinlich nur in der Weise gebrannt, daß man sie auf ein Holzkohlen-

feuer stellte und mit Holzkohle bedeckte. Dabei konnte es nicht ausbleiben, daß das Gefäß, insbesondere wenn es glasiert war, manchmal auf seinem Standort anbuk



Abb. 193. Aus 14 Ziegeln gebildetes Grab. Provinzialmuseum Trier.

und festschmolz. Man sann daher auf Vorrichtungen, in denen die Ware frei stand, und in denen sie womöglich nur von den Flammen berührt wurde, ohne mit dem



Abb. 194. Römische Ziegel mit Stempeln. Provinzialmuseum Trier.

Brennmaterial in Berührung zu kommen. Man schuf also Öfen, bei denen der Feuerungsraum von dem Brennraum, in dem sich die Ware befand, getrennt war. Der

so entstandene Ofen einfachster Art wird heute noch — wenigstens in seinen Grundzügen — vielfach benutzt und ist in der Keramik unter der Bezeichnung „Kasseler Ofen“ bekannt.

Die vielfache Verwendung von Tonwaren in Kunst, Haus und Gewerbe läßt mit der Zeit bei allen Völkern des Altertums ganze Fabriken erstehen, in denen zahlreiche Arbeiter teils mit der Formgebung, teils mit dem Brennen beschäftigt sind. Größere Städte haben einen Massenbedarf an Tonwaren; werden diese doch nicht nur für häusliche und Bauzwecke, sondern zu den verschiedenartigsten sonstigen Dingen, wie z. B. auch zur Herstellung von Gräbern (Abb. 193 S. 135 oben) verwendet. In Rom erhebt sich heute noch der Monte Testaccio, ein 50 m hoher Hügel von 750 m Umfang, der vollkommen aus den zerbrochenen Tonscherben besteht, die beim Ausladen der auf dem Tiber angekommenen Sendungen weggeworfen wurden. Dieser Massenbedarf führt zur Massenfabrikation und damit zur Anfertigung von Vorrichtungen, die eine schnellere Herstellung der Tonwaren ermöglichen. Man schafft Formen, in denen sie rasch in größeren Massen angefertigt werden können, als dies mit der Hand möglich wäre. (Abb. 195.) Wie auch jetzt noch, so benutzten die einzelnen Fabriken und Arbeiter Stempel, die in den Ton eingedrückt werden und die heute noch Kunde von dem Verfertiger der Ware geben. (Abb. 194 S. 135 unten.) Eine umfangreiche Sammlung alter Ton- und Ziegelstempel hat Ludowici zusammengebracht.



Abb. 195. Modellform, sog. Modellschüssel mit eingegossenem Tonrelief zur Massenanfertigung einer keramischen Verzierung. Berliner Museum Antiquarium.

Die Keramik bei den einzelnen Völkern des Altertums.

Die vorstehend gekennzeichnete Entwicklung der keramischen Technik hat sich im allgemeinen in ziemlich gleicher Weise bei allen Völkern des Altertums vollzogen, so daß wir sie zusammenfassend behandeln konnten. Es wird nun unsere weitere Aufgabe sein, die besonderen Eigenarten dieser Technik bei den einzelnen Völkern zu besprechen.

Babylonier und Assyrer.

Die Wiege der keramischen Technik stand, wie oben schon ausgeführt, wahrscheinlich in Kleinasien oder in Ägypten. Von hier aus dürfte sich diese Technik nach dem Orient verbreitet haben, wo sie zunächst bei den Babyloniern und Assyrern in hoher Blüte stand. Die Babylonier wie die Assyrer fertigten nicht nur Tongefäße an, sondern wußten vor allem auch ihren Ziegeln eine hohe künstlerische Vollendung zu geben. In Assyrien findet man als Ziegel sowohl gewöhnliche Lehmsteine, die nur an der Sonne gedörrt sind, wie auch gebrannte und glasierte Steine. Rathgen hat mit Hilfe eines Voluminometers, also mit Hilfe eines Apparates, der es ermöglicht, festzustellen, um wieviel der Ton beim Brennen geschwunden ist, die Temperatur bestimmt, die zur Zeit Nebukadnezars (604—561 v. Chr.) in den altbabylonischen Brennöfen herrschte; er fand, daß man damals die Ziegel bei etwa 550—600 Grad Celsius gebrannt haben muß. Es ist dies eine sehr niedrige Temperatur, die es er-

klärlich macht, warum sich diese Ziegel mit dem Messer schneiden lassen. Die jetzige Brenntemperatur beträgt etwa 1000 Grad. Über die Ausgestaltung der altbabylonischen Brennöfen war man lange Zeit hindurch vollkommen im unklaren, bis Hilbrecht bei den Ausgrabungen in Nippur zum erstenmal einen aus dem Jahre 200 v. Chr. stammenden derartigen Ofen aufdeckte. Hier ist die Trennung von Feuerraum und Brennraum bereits durchgeführt, und zwar in einer sehr eigenartigen Weise. Während sich nämlich bei vielen antiken Brennöfen und auch bei dem bereits erwähnten „Kasseler Ofen" der Brennraum seitwärts vom Feuerraume befindet, steht er hier darüber. Die Decke des Feuerraumes ist mit einer Anzahl von Schlitzen versehen, durch die die Flammen hindurchschlugen und heiße Gase hindurchtraten. Die zu brennenden Tonwaren standen auf diesen ziemlich langen Schlitzen. Auf ihnen dürften wohl auch die Ziegel gebrannt worden sein, zu deren Herstellung man, wie Herodot berichtet, den Ton verwendete, der sich bei der Aushebung des Stadtgrabens von Babylon ansammelte. Herodot, der, wie Friedrich Delitzsch nachgewiesen hat, in Babylonien gewesen ist und deshalb hier als zuverlässig gelten kann, schreibt: „Als sie (die Babylonier) den Graben machten, strichen sie gleich Ziegel aus der Erde, die aus dem Graben geworfen ward, und wie sie eine hinlängliche Zahl von Ziegeln gefertigt, brannten sie dieselben in Ziegelöfen, und dann nahmen sie zum Mörtel heißes Erdharz". Diese letztere Bemerkung beweist, daß man damals schon die Porosität dieser Ziegel gut auszunützen verstand, da ein nicht poröser Ziegel sich mit Erdharz (Asphalt) kaum so fest mit anderen Ziegeln verbinden läßt, wie dies bei den altbabylonischen Bauten der Fall ist. Auch das große Stadttor von Nippur, das vielleicht um das Jahr 3000 v. Chr. hergestellt wurde, ist in der erwähnten Weise sehr fest aus Backsteinen gebaut, die mit Erdharz verbunden sind.

Ganz besondere Bewunderung erregte es, als man im Jahre 1851 auf den Ruinen Babylons Brocken von Ziegelsteinen fand, deren Form und Glasierung darauf schließen ließ, daß sie zu den Figuren großer Löwen gehörten. Der Prophet Ezechiel sowohl wie auch der griechische Schriftsteller Diodor erzählen von den herrlichen Tongestalten, mit denen die Mauern Babylons geschmückt, und auf denen Löwen- und Tigerjagden dargestellt waren. Inzwischen hat man diese prachtvollen Terrakotten wieder aufgefunden, die die Farben Dunkelblau, Hellblau, Weiß, Gelb, Grün, sowie als Umriß Schwarz zeigen. Es ist auch gelungen, sich eine Vorstellung von der technischen Ausführung dieser Kunstwerke zu machen. Das Verfahren war allerdings etwas umständlich, denn da die Ziegel beim Brennen schwanden, so lief man Gefahr, daß, wenn man sie vorher formte, färbte und glasierte, sie hinterdrein nicht zusammenpaßten. Man verfuhr deshalb in folgender Weise:

Die Ziegel wurden gebrannt, und zwar in keilförmiger Gestalt. Dadurch erreichte man, daß die äußere Fuge dicht schließen mußte. Dann mauerte man sie auf. Hierauf erst wurden die Umrißlinien aufgemalt, und zwar mit einem Stoffe, der nach dem Brande rot wurde. Selbst bei ungenauer Vermauerung blieb auf diese Weise die Zeichnung gleichmäßig. Hierauf wurden die Steine markiert und das Ganze wieder abgetragen. Nun erst erfolgte die Anbringung der Glasuren innerhalb der Umrißlinien und das nochmalige Brennen des Steines, bei dem dieser nicht mehr schwand, und wobei sich nur die Glasur einbrannte. Dann wurde das Ganze wieder aufgemauert, wobei die vorher angebrachten Marken über die Stelle Aufschluß gaben, wohin jeder einzelne Stein gehörte Die riesigen Löwen in der Prozessionsstraße des Nebukadnezar, die 90 cm hoch und 195 cm lang sind, wurden jedenfalls zunächst vom Bildhauer in eine Form gedrückt oder gemeißelt, in der sie sich dann als „Negativ" darstellten, so daß also später erhabene Teile vertieft und vertiefte erhaben

erschienen. In diese Form wurde dann der zur Herstellung der Ziegel dienende Ton hineingedrückt, so daß eine Tonplatte entstand, die das Positiv enthielt. Diese riesige Tonplatte wurde dann in einzelne Teile zerschnitten. Es entstanden Ziegel, die man in der schon geschilderten Weise markierte und dann brannte.

Eine Art von Massenfabrikation derartiger riesiger plastischer keramischer Kunstwerke stellen die 12 Krieger dar, die man in der alten persischen Hauptstadt Susa auffand und von denen immer mehrere einander so genau gleichen, daß man deutlich erkennt, sie wurden nach derselben Form hergestellt. Hier wurde zuerst die Mauer, auf der sie sich befinden, aufgemauert. Dann wurden die Kriegertypen darauf modelliert. Das Modell wurde so zerschnitten, wie es die Fugen der darunterliegenden Steine der Mauer vorzeichneten. Dann formte man jeden so entstandenen Ziegel, nachdem man ihn abgedrückt und dadurch eine Negativ geschaffen hatte, einzeln so oft ab, als man ihn brauchte. Die Umrißlinien wurden auf die Formziegel mit Ton erhaben aufgebracht, so daß sie sich im Negativ vertieft, im richtigen Ziegel wieder erhaben zeigten. So bildeten sich auf dem eigentlichen Ziegel Kassetten, in die die Glasur eingefüllt wurde, und innerhalb deren sie beim Brennen verlief. Die Herstellung des auf diese Weise angefertigten erhabenen 11 m langen Frieses geschah um die Wende des 5. Jahrhunderts v. Chr. Ähnliche Plastiken finden sich auch in Babylonien, wie z. B. die Tierornamente an der Triumphpforte von Istar.

In der eben erwähnten Stadt Susa wurden Terrakottagefäße gefunden, die uns über die Herstellung und Zusammensetzung altpersischer häuslicher Gerätschaften Aufschluß geben. Sie sind aus mergelhaltigem Ton angefertigt, ziemlich roh geformt und außen nicht geglättet. Auf einzelnen finden sich schwarze Ornamente, die einfach mit dem Pinsel auf den rohen Ton aufgetragen wurden. Erst im Feuer entstand die schwarze Farbe, die jedoch keinerlei Glanz aufweist. Die Brenntemperatur wird von Granger auf etwa 1000 Grad Celsius geschätzt. Die chemische Zusammensetzung der Gefäße ist die folgende (nach Granger):

Tonsubstanz	28,57%
Sand u. dgl.	27,10%
Kalk	37,58%
Feuchtigkeit	2,70%
Gebundenes Wasser	4,05%

Ägypter.

Die keramische Technik der Ägypter ähnelt in ihren Hauptzügen sehr der eben besprochenen der Babylonier, Assyrer, Perser usw. usw. Wenn Herodot (II 136) von der Ziegelpyramide des Königs Asychis erzählt, daß sie die Inschrift trage: „Halte mich nicht gering in Vergleich mit den steinernen Pyramiden, denn ich bin so weit über ihnen, als Zeus über den anderen Göttern. Denn sie steckten eine Stange tief in einen Sumpf hinein, und was da hängen blieb von Schlamm an der Stange, das sammelten sie und strichen Ziegel daraus. Und auf diese Art haben sie mich gebaut", so ist diese Schilderung der Tongewinnung gewiß bemerkenswert, sie ist jedoch wohl kaum die einzig gebräuchliche gewesen. Im übrigen geben uns die erhaltenen bildlichen Darstellungen wie die beistehende, die aus dem Jahre 2000 v. Chr. stammt, hinreichenden Aufschluß über die Art und Weise, wie man in Ägypten Ziegel

herstellte. (Abb. 196 u. 197.) Sie unterscheidet sich wohl kaum von der bei anderen Völkern üblichen. Die Ziegel wurden wohl meist an der Luft getrocknet,



Abb. 196. Herstellung der Ziegel bei den Ägyptern (um 2000 v. Chr.).
A: Zwei Leute schöpfen Wasser aus einem Teiche zum Anfeuchten des Rohmaterials (Nilschlamm). B: Bearbeiten und Entnahme des Materials. C: Ziegel formen in Holzkasten, daneben der Aufseher. D: Aufschichten der Ziegel zum Trocknen an der Sonne. E: Herbeitragen der fertigen, an der Sonne getrockneten Ziegel und Aufmauern einer Mauer.
Deutsches Museum, München.

doch kannte man auch Brennöfen, obschon bisher kein solcher aufgefunden worden ist. Im 5. Kapitel des 2. Buch Mose wird von der Ziegelfabrikation in Ägypten durch die Juden erzählt und davon gesprochen, daß dazu Stroh verwendet wurde. Die Art und Weise der Verwendung dieses Strohs erschien lange nicht aufgeklärt: Man hielt es vielfach für ein mechanisches Bindemittel. Bei Versuchen, die der berühmte amerikanische Elektrochemiker Acheson über die Elastizität und Zugfestigkeit des zu Schmelztiegeln verwendeten Lehmes anstellte, zeigte es sich, daß durch den Zusatz organischer Stoffe, und zwar besonders von Stroh zu Lehm, der dann getrocknet wurde, die Bruchfestigkeit der daraus gewonnenen Ziegel von 5,73 kg pro qcm auf 19,75 kg stieg, so daß also eine Erhöhung der Festigkeit um 244% statt hatte. Acheson zweifelte nicht, daß die Ägypter mit dieser Wirkung des Strohs auf die Ziegelmasse bekannt waren, die, wie er feststellte, durch die Gegenwart eines im Stroh enthaltenen Körpers hervorgebracht wird, der auf den Lehm in ähnlicher Weise einwirkt wie Gerbsäure. Daß zur Herstellung von Ziegeln in Ägypten tatsächlich Stroh Ver-



Abb. 197. Modell einer ägyptischen Ziegelei.
Das Formen und Streichen der Ziegel mit der Hand. Angeblicher Fundort: Ostufer von Beliane bezw. Nag Hamadi. Holz. 35:27 cm. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

wendung fand, beweisen die Ziegel von El-Kab und die Pyramidenziegel von Daschur, in denen neben Stroh auch Pflanzenblätter und Teile von Gramineen (Triticum vulgare L, Hordeum vulgare L und Hordeum hexastichon L) gefunden wurden.

Eine weitere Eigenart der keramischen Technik des alten Ägyptens sind die merkwürdigen Tongefäße, die man dort schon sehr frühe zum Aufbewahren des Wassers benutzte, und die am Nil auch heute noch gebraucht werden, die sogenannten „Gullahs". Sie wurden bei sehr niedriger Temperatur gebrannt und waren infolgedessen sehr porös. Füllte man nun an heißen Tagen Nilwasser hinein, so drang dieses durch die Poren hindurch und verdunstete an der äußeren Oberfläche des Kruges. Da es die zur Verdunstung nötige Wärme seiner Umgebung entzog, so kühlte sich diese sehr rasch ab, und zwar um so stärker, je rascher die Verdunstung erfolgte. Infolge dessen lieferte die Gullah an sehr heißen Tagen, wo die Luft weit von ihrem Sättigungspunkt entfernt war, ein besonders kühles Wasser.

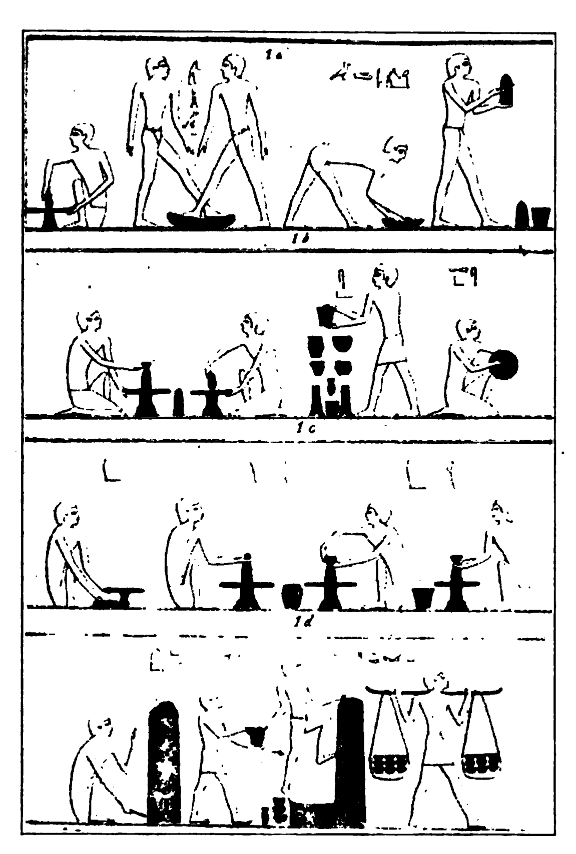


Abb. 198. Herstellung von Töpfergeschirr in Ägypten. Der Ton wird, genau so, wie auch heute noch bei uns, „eingesumpft", durchgetreten, dann mit der Hand durchgearbeitet und in Klumpen dem „Faulen" überlassen. Dann folgt das Formen auf der mit der linken Hand gedrehten Töpferscheibe, Trocknen der Stücke und Brennen im Brennofen, der, wie die Darstellung zeigt, bei den Ägyptern von oben gefüllt und entleert, von unten geheizt wurde.

Dollinger ist jedoch auf Grund theoretischer Betrachtungen der Ansicht, daß beim Stehen im Schatten und Zugwind die weitgehendste Abkühlung erfolge. Seiner Ansicht stimmt v. Luschan nicht in allen Punkten bei. Näheres hierüber siehe im Abschnitt: Kältetechnik und Konservierung S. 126.

Im übrigen bieten die gewöhnlichen Töpfergeschirre der alten Ägypter, wie sie für die Zwecke des Haushaltes verwendet wurden, keine besonderen Merkmale dar. Die Herstellung (Abb. 198) geschah in fast der gleichen Weise wie auch heute noch. Sie sind aus Ton angefertigt, der sich rot, gelb oder braun brannte, und unterscheiden sich in nichts von den bei anderen Völkern des Altertums gebräuchlichen Tonwaren. Im Gegensatze zu ihnen müssen aber die glasierten Keramiken der alten Ägypter das höchste Interesse erregen, die man früher als „ägyptisches Porzellan" oder „glasierte Fayence" bezeichnete, zwei Bezeichnungen, von denen eine so unrichtig ist wie die

andere. Sie rühren von Brongniart her, der sie in seinem „Traité des Arts Céramiques“ zum erstenmal gebraucht. Von hier aus sind sie in den archäologischen Sprachschatz übergegangen, obschon sie sich weder vom technischen noch vom chemischen Standpunkt aus rechtfertigen lassen. Diese Pseudo-Keramiken enthalten nämlich Ton überhaupt nicht als wesentlichen Bestandteil. Sie bestehen vielmehr aus Sand, dem eine geringe Menge Ton zugesellt ist. Die von William Burton ausgeführten Analysen beweisen, daß das Material zu diesen Gefäßen im allgemeinen etwa 94% Sand und bis zu 2% Ton enthält. Der Rest besteht aus zufälligen Beimengungen, in erster Linie aus Kalk und Magnesia. Da die in diesen Gefäßen enthaltene geringe Menge von Ton nicht ausreicht, um den Sand so weit zu binden, daß daraus eine plastische und daher formbare Masse entsteht, so nimmt Burton an, daß die alten Ägypter als Material zur Anfertigung ihrer glasierten farbigen Gefäße natürlichen Sandstein verwendeten, der zufällig einen geringen Tongehalt aufwies. Die Töpferscheibe kam überhaupt nicht zur Anwendung, der Sandstein wurde vielmehr ausgehöhlt. Für die Richtigkeit des einstigen tatsächlichen Bestehens dieser höchst eigenartigen altägyptischen Technik führt Burton auf Grund seiner eingehenden Forschungen eine ganze Anzahl von Beweisen an. Zunächst finden sich in den ältesten ägyptischen Gräbern kleine Kügelchen, Anhänger an Halsbänder u. dgl., die gleichfalls aus Stein, und zwar aus härterem als Sandstein geschnitten und glasiert sind. (Abb. 199.) Durch Untersuchungen mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes konnte Burton des weiteren feststellen, daß die Grundmasse dieser Gefäße tatsächlich aus Sandstein oder aus einer quarzitischen Felsart besteht. Die Technik wurde von der 18. Dynastie (1550 v. Chr.) an etwa 1500 Jahre hindurch unverändert ausgeübt. Burton schlägt deshalb für diese Gefäße den Namen „altägyptisches Kieselgeschirr“ oder „Quarzgeschirr“ vor. Da der Sandstein nur geringe Festigkeit hat, so wird die Festigkeit des Kieselgeschirrs lediglich durch die Glasur bedingt. Die Glasuren bestehen aus Alkalisilikaten und Kalk, sind zum größten Teil von schöner blauer Farbe und enthalten dann als Farbstoff Kupferoxyd. Auf gewöhnlicher Töpferware lassen sie sich überhaupt nicht anbringen, da sie darauf nicht glatt fließen; nur auf kieselsäurehaltigem Material entsteht eine schöne glatte Oberfläche. Erst später, als die Römer bereits in Ägypten eingedrungen waren, lernte man, derartige Glasuren auch auf Tongeschirr anzubringen. Man wendete hierbei den Kunstgriff an, daß man zwischen dem Ton und der Glasur eine an Kieselsäure reiche Engobeschicht auflegte. Polychrome Glasuren treten an den ägyptischen Kieselgefäßen erst später auf und entwickeln sich unter der Römerherrschaft zu ihrer



Abb. 199.
Sog. „Glasierte Fayence“ oder „Ägyptisches Porzellan.“
Distel, wohl von einer Kette. Oben und unten eine Öse. Stiel und Kelch grün, das andere dunkelblau. Höhe 2,1 cm.
Fundort Theben.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 200.
Sog. „Glasierte Fayence“ oder „Ägyptisches Porzellan.“
Kinderpuppe. Blaue Glasur. Länge 0,135 m.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

höchsten Vollkommenheit und Mannigfaltigkeit. Die zunächst vielfach angezweifelten Burtonschen Untersuchungen sind von den deutschen Forschern Pukall und Berge bestätigt worden, die vollkommen unabhängig von ihm auf Grund eigener Versuche zu den gleichen Ergebnissen kamen. Es gelang Pukall und Berge, die türkisblaue Glasur aus Marmor, Soda, Sand und Kupferoxyd wieder herzustellen. Sie erhielten damit schöne türkisfarbige Überzüge. Durch Verwendung von Kobalt- und Manganoxyd sowie auch von Chromoxyd wurden andere, prächtig gefärbte Glasuren erhalten. Auch Le Chatelier in Paris ist es gelungen, die farbigen Emaillen der glasierten ägyptischen Steine, Statuetten usw. usw. wieder herzustellen. Er findet für den verwendeten

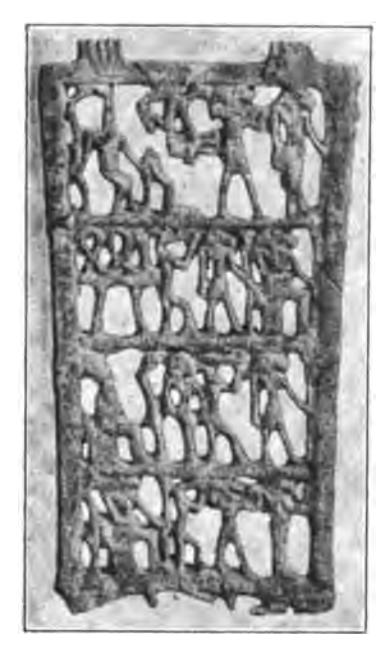


Abb. 201. „Ägyptische Fayence."
Durchbrochene Tafel mit 4 übereinanderliegenden Reihen von Götterfiguren. Die 5. Reihe ist abgebrochen. Hellgrüne Glasur. Höhe 0,09 m; Breite 0,05 m.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 202. „Ägyptische Fayence."
Tür aus dem untersten Raume der Stufenpyramide von Sakkara. Um die 3 Seiten des Haupteingangs eine Zeile hieroglyphischer Inschrift. Die Innen-, Außen- und Seitenflächen sind mit grünglasierten Tafeln aus „ägyptischer Fayence" ausgelegt.
Nachbildung im Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Sandstein genau dieselbe Zusammensetzung wie Burton und auch die von ihm hergestellten Glasuren enthalten im wesentlichen Kieselsäure, kohlensauren Kalk, kalzinierte Soda, Kupferoxyd usw. Außer Gefäßen haben die Ägypter auch Ziegel emailliert.

Da auch die zur Zeit der ägyptischen Dynastien lebenden persischen Keramiker Ziegel sowohl wie Geschirre und Vasen herstellten, bei denen sandige Oberflächen mit farbigen Emaillen überzogen waren, so kann man wohl annehmen, daß die Kunst des Emaillierens bei den alten Ägyptern entstanden ist, und daß sie sich dann zur Zeit der Einfälle des Kambyses (530—522 v. Chr.), der ja bis Nubien vordrang, nach Persien und von hier aus nach dem übrigen alten Orient verbreitete. Die Griechen lernten die Kunst des Emaillierens gleichfalls von den Ägyptern, ebenso

die Römer. Aus Ägypten haben dann später, in nachrömischer Zeit, die Araber diese Kunst nach Spanien gebracht, von wo sie auf das übrige Europa überging.

Eine viel erörterte Frage ist die, ob die alten Ägypter Porzellan hergestellt haben. Diese Frage ist — und zwar wahrscheinlich auf Grund der oben erwähnten Brongniartschen Benennung — vielfach bejaht worden. Nun findet sich tatsächlich in Ägypten Porzellan. Es hat sich jedoch feststellen lassen, daß dieses durchweg aus China stammte, und daß es von dort aus — wahrscheinlich sogar erst ziemlich spät — in Ägypten eingeführt worden ist. Le Chatelier behauptet nun, daß es tatsächlich echtes ägyptisches Porzellan gäbe. Ein aus der Morganschen Sammlung stammendes Stück hat er untersucht und dabei genau dieselbe Zusammensetzung gefunden, die auch heute noch das weiße Porzellan von Sèvres zeigt. Die Analyse ergab:

Kieselsäure	88,6%
Aluminiumoxyd	1,4%
Eisenoxyd	0,4%
Kalk	2,1%
Natron	5,8%
Kupferoxyd	1,7%
	100,0%

Es gelang Le Chatelier die gleiche Masse auf künstlichem Wege wieder zu erzeugen, wobei eine Brenntemperatur von 1050 Grad zur Anwendung kam. Im übrigen ist es ja bekannt, daß das Porzellan eine Erfindung der Chinesen ist. Wann diese Erfindung gemacht wurde, konnte bis jetzt jedoch nicht klargestellt werden. So alt jedoch, wie man früher glaubte, ist die Kenntnis des Porzellans keineswegs. Mit Sicherheit ist sie bei den Chinesen erst seit ungefähr dem Jahre 600 n. Chr. nachzuweisen, obschon gewisse Anzeichen dafür sprechen, daß die ersten Porzellangegenstände in China vielleicht um 200 v. Chr. hergestellt worden sind. Über die altchinesische Porzellantechnik ist wenig bekannt. Neuere Untersuchungen des japanischen Gelehrten Hirano haben wenigstens soviel ergeben, daß sich die Form des altchinesischen Porzellanofens vereinzelt noch jetzt zeigt. Es handelt sich um Kammeröfen, die aus drei oder mehreren Kammern bestehen und an einer Berghalde ansteigend derart errichtet sind, daß eine Kammer immer etwas höher liegt als die andere. Dadurch wird der zum Brennen nötige Zug erzeugt und die Errichtung eines Schornsteins erspart, der entweder überhaupt nicht vorhanden ist, oder sich, nur sehr niedrig gehalten, an die letzte Kammer anschließt. (Abb. 203.) Zum Aufbrennen der Glasur ist wahrscheinlich ein besonderer Ofen verwendet worden.

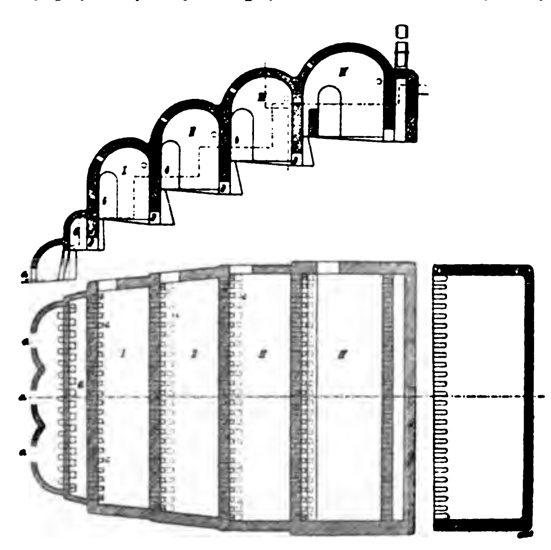


Abb. 203. Altchinesischer Kammerofen.

Griechen.

Ihre höchste Blüte erreichte die Keramik des Altertums in Griechenland. Hier entwickeln sich Form und Aussehen ihrer Produkte zur höchsten Vollkommenheit, hier werden der Ton und das aus ihm hergestellte Erzeugnis ein willkommenes Feld künstlerischer Betätigung. Alle übrigen Künste stellen sich in den Dienst der keramischen Industrie, ja sie gehen sogar aus dieser hervor; behauptet doch die griechische Sage, daß die Malerei sowohl wie die Plastik in der Werkstatt des Töpfers Butades erfunden worden seien. In dieser Sage liegt sicherlich ein Körnchen Wahrheit, wenigstens soweit es sich um ein ganz bestimmtes Gebiet der Plastik, um den Erzguß, handelt. Ehe man den Ton zu formen und zu brennen verstand, konnte man auch keine aus Erz gegossenen Kunstwerke herstellen. Die Technik des Erzgusses bedingt, daß ihm die der Keramik als Leiterin und Führerin vorangegangen sein mußte. Zwischen dem griechischen und dem römischen Wandgemälde und der griechischen Vasenmalerei ergeben sich enge Beziehungen. Die Gefäßmaler der Hellenen werden für die Bemalung der Friese, ja sogar zur Herstellung von Gemälden vorbildlich.

Bei der Betrachtung der griechischen Vasen, die den Gipfel althellenischer keramischer Kunst darstellen, muß man zwei Standpunkte scharf auseinanderhalten: den künstlerischen und den technischen. So vollendet nun diese Vasen auch in künstlerischer Hinsicht sind, so wenig hoch stehen sie in technischer da. Auch in Griechenland blickt die Keramik auf ein hohes Alter zurück. Die ältesten Ausgrabungen, vor allem die von Schliemann in Troja, die von Mykenae usw., förderten zahlreiche Tongefäße zutage. Aber schon vor Schliemann, in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, fand man in Etrurien zahlreiche Vasen, die man wegen ihres Vorkommens auf etrurischem Boden für Erzeugnisse der Etrusker hielt. Erst weitere Ausgrabungen ließen erkennen, daß es sich hier um griechische Erzeugnisse handelt. Seitdem hat man derartige Vasen in ungeheuren Mengen an zahlreichen Fundstätten ausgegraben, so daß man jetzt über ein reichliches Material verfügt. Unendlich groß ist die Zahl der Veröffentlichungen über sie, doch findet darin die griechische Vase ihre Beurteilung fast durchweg vom archäologischen und künstlerischen Standpunkt. Der technische wird weniger gewürdigt. Erst in neuerer Zeit hat man sich auch von seiten der Techniker eingehender mit der altgriechischen Keramik beschäftigt. Es zeigte sich hierbei, wie oben schon angedeutet, daß die technischen Verfahren nicht immer sehr vollkommene waren. Vor allem erzielte man keine sehr hohe Brenntemperatur, und infolgedessen bleibt der Ton für viele Zwecke zu porös. Er sinterte nicht genügend zusammen, die Glasur wird also zunächst nicht zur Verschönerung aufgebracht, sondern sie ist ein notwendiges Hilfsmittel, das vor allem dem Zwecke dient, das Gefäß dicht zu machen, ihm eine Undurchlässigkeit zu verleihen, die es an und für sich vielleicht nicht besitzt. Aus der Not wird dann eine Tugend: die Glasur und mit ihr zusammen die Bemalung erfahren eine hohe künstlerische Vollkommenheit. Im allgemeinen sind die griechischen Vasen von schwarzer, brauner oder roter Farbe und zunächst nur mehr oder minder stark poliert. Am Ende des 3. Jahrhunderts v. Chr. erscheint auf ihnen die Glasur. Die Porosität ist oft eine so hohe, daß sie die Notwendigkeit einer Glasur erklärlich macht, denn wenn sich auch Wasser — ähnlich wie in der ägyptischen Gullah — in manchen dieser Gefäße sehr frisch erhalten haben dürfte, so dürften sie doch wieder für manche anderen Zwecke nicht geeignet gewesen sein. Die Töpferscheibe ist von den ältesten Zeiten an im Gebrauch; schon Homer erwähnt sie, vergleicht

den Rundtanz mit ihren Drehungen (Ilias XVIII 600) und gibt an, daß Thalos von Kreta, der Neffe des Dädalos, ihr Erfinder sei. Das Drehen auf der Töpferscheibe geschieht durchweg mit der Hand. Schablonen werden nicht verwendet. Der Töpfer muß über eine große Fertigkeit und Geschicklichkeit verfügen. Der Rand wird, wohl um ihn fester zu machen, durchweg verdickt.

Die Gefäße wurden in mannigfacher Weise bemalt, wobei die Farben mit einem Pinsel aufgetragen wurden. Vielfach bemalte man die Vasen auch vollkommen schwarz. Die Bemalung geschah auf dem noch feuchten Tone, der die Farbe rasch einsog. Die Figuren sparte man aus, so daß sie gelb oder rot auf schwarzem Grund erscheinen. Feine Linien usw. werden aus dem schwarzen Grunde mit scharfen Instrumenten noch besonders herausgekratzt. Die schwarze Farbe ist stets so dünn aufgetragen, daß sie nicht reliefartig hervortritt. Manche Farben, vor allem das Gelb, das aus Ocker besteht, werden stets unter der Glasur angebracht, andere wieder, vor allem Weiß und Rot, finden sich hauptsächlich über der Glasur. Während die ältere Technik



Abb. 204 u. 205. Rotfigurige griechische Vase (der Blütezeit)
Berliner altes Museum, Antiquarium.

nur über die genannten Farben verfügt, erscheinen später noch Violett, Grün und Blau. (Über die chemische Zusammensetzung der griechischen Farbstoffe siehe im Abschnitte: „Farben".) Schon in den ältesten Zeiten werden die Gefäße auch vergoldet. So hat z. B. Mrs. Harriet Boyd Hawes in Kreta Vasen ausgegraben, deren Alter sich auf etwa 3500 Jahre belaufen dürfte, und die zu Opferzwecken benutzt wurden. Sie sind derartig vorzüglich vergoldet, daß man sie zunächst für Goldgefäße hielt. Erst bei näherer Untersuchung ergab sich ihre wahre Natur. Ebenda fand man auch Vasen, die in ähnlicher Weise versilbert waren. Im griechischen Nationalmuseum zu Athen befindet sich eine solche Tonvase aus den Zykladengräbern aus der Zeit von 2500 v. Chr., die massiv geformt ist, um das Aussehen einer Metallvase vorzutäuschen, und die mit großer Kunstfertigkeit versilbert ist. Der Überzug von Gold und Silber wurde mit Hilfe von Blattmetall hergestellt. Die Henkel und sonstige Erhabenheiten wurden für sich angefertigt und an die fertige Vase angefügt. Als Bindemittel diente Schlicker.

Die herrliche schwarze Glasur der antiken griechischen Vasen ist Gegenstand vielfacher Untersuchungen gewesen. Zunächst hat sich herausgestellt, daß das schöne Rot des Tones durch Brennen unter reichlichem Luftzutritt auf natürlichem Wege entstand. Die Analysen der Glasur, die in zahlreichen Fällen ausgeführt wurden,

ließen lediglich einen Gehalt an Eisenoxyd erkennen und vermochten das Rätsel dieses prachtvollen schwarzen Überzuges nicht zu erklären, bis es Derneuil gelang, aus Eisenfeilspänen, Soda und dem das Gefäß bildenden Tonmergel im oxydierenden Feuer eine schwarze undurchsichtige Glasur mit grünlichen Reflexen zu erhalten, die die kennzeichnenden Eigenschaften der griechischen Glasur besitzt. Derneuil hält es für wahrscheinlich, daß die Griechen durch Reduktion von Eisenverbindungen mit Kohle und Soda fein verteiltes Eisen gewannen, das sie dann dem Tonmergel zusammen mit Soda zusetzten. Auf die Entstehung der schönen schwarzen Schmelze mag dann noch der Umstand begünstigend gewirkt haben, daß die in Griechenland verwendete Soda nicht rein war, sondern Beimengungen von Kohle, Schwefelnatrium und Natriumchlorid enthielt. Es erscheint jedoch nicht ausgeschlossen, daß außer dem in der geschilderten Weise durch Reduktion erhaltenen Eisen manchmal auch fein gefeiltes Eisen (Eisenfeilspäne) zugesetzt wurden. Franchet bestätigt die Verwendung von Eisen, doch hält er die Benutzung von Eisenfeile oder reduziertem Eisen nicht für wahrscheinlich. Er glaubt vielmehr, daß die Griechen das in der Natur als Mineral vorkommende Ferro-Ferrioxyd, den „Magnetit", zur Herstellung ihrer Glasur verwendeten, der stets eine geringe Menge Mangan enthält. Es gelang ihm, durch Zusammenschmelzen von 55 Teilen Quarzsand mit 45 Teilen Soda und Zugabe von 100 Teilen Magnetit zur Schmelze eine Glasur zu erzeugen, die der der griechischen Gefäße vollkommen gleicht, und die auch ihre bekannten bläulichen bis grünlichen Reflexe aufweist.



Abb. 206. Tanagrafigur.
Berliner altes Museum, Antiquarium.

Sehen wir von den gewöhnlichen Gebrauchsgegenständen ab, die sich von denen anderer alter Völker nicht unterscheiden, so finden wir als ein ganz spezielles Erzeugnis der griechischen Keramik noch die sogenannten „Tanagrafiguren", die ihren Namen von der Stadt Tanagra in Böotien führen, wo man sie im Jahre 1874 in der Nekropole auf dem Kokkalihügel zuerst auffand. Diese hübschen Figuren bestehen aus einer rohen gebrannten Masse, die mit Leimfarben bemalt ist. Ihre technische Herstellung geschah in der Weise, daß der Bildhauer zunächst ein Modell schuf, das man in eine Form aus Gips oder Ton abdrückte, so daß zwei gut aufeinander passende Negative entstanden. Dann wurden die beiden Hohlräume mit Ton ausgefüllt und aufeinandergepreßt. Es entstand so eine plastische Figur, die rings herum und zwar da, wo die Hohlformen zusammenstießen, mit einer „Naht" umgeben war. Diese Naht wurde mit Hilfe eines Holzspachtels entfernt. Dann wurde die Figur gebrannt und mit Leimfarben bemalt.

Trotzdem man in Griechenland so zahlreiche und so mannigfache Keramiken herstellte, darunter sogar sehr große Stücke, wie Amphoren und Verzierungen für die Fassade von Häusern, hat man merkwürdigerweise bis vor kurzer Zeit über das Brennen fast nichts gewußt. Auf Vasen findet man zwar die Darstellung altgriechischer Öfen, auf denen Arbeiter zu sehen sind, die durch Öffnungen in den Ofen hineinsehen

und dabei, um sich vor der Glut zu schützen, die Hand vor das Gesicht halten. Öfen selbst hat man jedoch lange Zeit nicht gefunden. Erst vor kurzem hat man zu Mykenae Brennöfen aufgedeckt, die in ihren Grundzügen den römischen gleichen, von denen sie sich jedoch dadurch unterscheiden, daß der in der Mitte aufragende Pfeiler, der das Deckengewölbe trägt, nicht eckig, sondern rund ist. (Siehe Seite 149.)

Römer.

Die Keramik der **Römer** ist vielfach von der der Griechen beeinflußt worden. Sie unterscheidet sich von dieser im großen und ganzen zunächst nicht sehr wesentlich, wie ja überhaupt durch die Keramik des ganzen Altertums ein großer gemeinschaftlicher Zug geht, dessen Merkmale wir am Eingange dieses Abschnittes ausführlich schilderten. Später haben sich dann in der römischen Keramik, wie in der anderer Völker ja auch, besondere Eigenarten herausgebildet, von denen einzelne nicht einmal auf der italienischen Halbinsel bodenständig sind. Als Beispiel hierfür sei das in den gallischen und rheinischen Provinzen des Römischen Reiches ausgeübte **Barbotine-Verfahren** erwähnt, das man in Rom und Italien nicht kennt. Erst neuerdings hat man entdeckt, daß es auch in Ägypten und Kleinasien bekannt war. Es besteht darin, daß man den Ton sehr fein schlämmt und durch Anrühren mit Wasser einen dünnen Schlicker erzeugt. Dieser wird dann in einen mit einer feinen Ausflußöffnung versehenen Trichter eingefüllt und läuft aus diesem in dünnem Strahle auf die zu verzierenden Tongefäße. Auf diese Weise entstehen dann auf den Tonwaren erhabene Verzierungen. Es handelt sich also hier um dasselbe Verfahren, das auch jetzt noch die Zuckerbäcker anwenden, um ihre Torten usw. mit Verzierungen der verschiedensten Art, Inschriften u. dgl. zu versehen. Während man im Anfange nur einfache Ornamente wie Kreise



Abb. 207. „Barbotine"-Vase
(sog. „Göttervase von St. Matthias"). Schwarz gefirnißte Kanne, Kopf gemalt, ebenso Inschrift, das andere mit der Spitzdüte erhaben aufgesetzt.
Provinzialmuseum Trier.

u. dgl. anbringt, werden später nach dem Barbotineverfahren wahre Prachtstücke geschaffen, auf denen ganze Jagdszenen usw. zu sehen sind.

Eine weitere Eigenart römischer Keramik besteht darin, daß die Gefäße fast durchweg keine Glasur haben. Der Brennprozeß ist also technisch vollkommener als bei den Griechen. Wo sich eine Glasur findet, ist sie meist von grünlicher Farbe, doch gibt es auch schwarze Glasuren und solche mit einem Stich in das Gelbliche. Die schwarz glasierten Gefäße tragen oft Aufschriften.

Außer durch das Barbotineverfahren erzielt man auch durch Bewerfen des noch feuchten Gehäuses mit körnigen Massen besondere Wirkungen. Es kommt so eine rauhe Oberfläche zustande, die auch an Hausmauern jetzt noch auf die gleiche Weise hergestellt zu werden pflegt.

Ihre höchste Eigenart erreicht die römische Keramik jedoch in jener Tonware, die man wegen ihrer Reliefverzierungen, die oft eine Ähnlichkeit mit Siegelabdrücken aufweisen oder auch wegen ihres Schmucks mit erhabenen Figuren (sigillum) „terra sigillata" genannt hat. (Die Bezeichnung ist neuzeitlich und war bei den alten Römern nicht gebräuchlich.) Auch die Namen „samische" oder „arretinische" Ware sind üblich, weil die Gefäße vielleicht zuerst auf der Insel Samos hergestellt wurden und weil sich in Arretium in Etrurien die bedeutendsten Fabriken dafür befanden. Die terra sigillata stellt die feinere Töpferware des römischen Altertums dar. Allüberall, wo Römer hinkamen, finden wir Gefäße oder Scherben aus terra sigillata. Sie zeigen bald ein helleres, bald ein dunkleres Rot, sind bald in einfacheren, bald in edleren Formen gehalten, bald glatt, bald verziert. Allen Stücken aber ist ein herrlicher matter samtartiger Glanz eigen. Dieser Glanz ist es, der ihre eigentliche Schönheit ausmacht. Die terra sigillata hat der Technik ein schwer zu lösendes Rätsel aufgegeben. Trotz aller Bemühungen wollte es lange Zeit hindurch nicht gelingen, hinter das Geheimnis ihrer Herstellung zu kommen. Man konnte zwar rote Tonwaren herstellen, aber sie alle ließen den schönen und so charakteristischen matten Glanz der Oberfläche vermissen. Zahlreiche Chemiker und Keramiker haben jahrzehntelang an der Lösung dieser Frage gearbeitet. In der Porzellanmanufaktur zu Berlin wurden allein nicht weniger als 2000 Brandproben gemacht. Riesige Summen, die sich zum Teil in die Hunderttausende belaufen, sind für diese Versuche aufgewendet worden, bei denen man sogar so weit ging, daß man die alten Tonlager und die alten Handwerkszeuge, die bei Ausgrabungen gefunden worden waren, benutzte. Die subtilsten wissenschaftlichen Untersuchungen wurden angestellt, um hinter die Sache zu kommen. Wieweit man in dieser Hinsicht ging, hierfür ein Beispiel: Mancher der von den alten Römern verwendeten Tone enthält mikroskopisch kleine Teilchen von Magneteisenerz. Dieses nimmt während des Brennens eine bestimmte Lage an, indem das eine Ende seiner winzigen Splitterchen in ähnlicher Weise wie die Magnetnadel des Kompasses nach dem magnetischen Nordpol der Erde zeigt. Man hat nun aus der Lage dieser Splitterchen von eingeschlossenem Magneteisenerz die Herstellungsstätte der Gefäße sowie die Temperaturen, bei denen der Brand stattfand, festzustellen versucht — kurzum, es wurde nichts unterlassen, was irgendwie auf die Spur hätte führen können.

Wie mit so vielen Dingen, so ging es auch hier. In einem in der Vereinigung der Saalburgfreunde zu Berlin im Jahre 1907 gehaltenen Vortrage sprach Diergart das prophetische Wort aus: „Mit der Lösung des Rätsels der terra sigillata wird es gehen wie mit dem Ei des Kolumbus. Sie ist sehr einfach, man muß sie nur erst gefunden haben". Die Ereignisse sollten ihm, der vielleicht ein Jahrzehnt

seines Lebens auf die Bearbeitung des Problems verwendet hat, Recht geben. Die Lösung ist heute gefunden. Ein einfacher Kunsttöpfer in dem kleinen Orte Sulzbach in der bayerischen Oberpfalz, Karl Fischer, ist im Verein mit seinem Sohne Georg Fischer hinter das verloren gegangene Geheimnis altrömischer Technik gekommen. Und wie einfach ist dieses Geheimnis — ein wahres Ei des Kolumbus! Die neuen terra sigillata-Gefäße, die sich in nichts von den altrömischen unterscheiden, werden durch drei Arbeitsvorgänge erzielt. Zunächst werden die rohen, entweder ungebrannten oder nur leicht gebrannten Gegenstände mit einem aus Tonschlamm gebildeten gefärbten Überzug versehen. Dieser Tonschlamm muß außerordentlich fein zerrieben sein, da ein Grad äußerster Feinheit unbedingt nötig ist, um den samtartigen Glanz zu erzielen. Dann muß er die weitere Eigenschaft haben, sich beim Brennen rot zu färben. Derartiger sich rot färbender Tone gibt es eine ganze Anzahl, so daß ihre Beschaffung keinerlei Schwierigkeiten verursacht. Ist dieser erste Arbeitsvorgang, das Überziehen mit Tonschlamm oder, wie man es in der keramischen Technik nennt, das „Engobieren“, vollendet, so folgt der zweite, das Polieren, das mittelst einer Bürste so lange fortgesetzt wird, bis der stärkste Hochglanz erzielt ist. Hierauf wird im dritten Arbeitsvorgange die Ware fertig gebrannt, wobei beachtet werden muß, daß der Schlammüberzug, die „Engobe“, beim Brennen hart wird. Die nach der Fischerschen Methode hergestellten Erzeugnisse unterscheiden sich, darüber haben sich die ersten Autoritäten auf diesem Gebiete, wie Diergart und Blümlein-Homburg, ausgesprochen, in nichts von ihren antiken Vorbildern. Der Erfinder hat nach seinem Verfahren unter Verwendung ausgegrabener antiker Formen eine Reihe von Gefäßen hergestellt, die selbst erprobte Kenner von den antiken nicht zu unterscheiden vermochten. Der Konservator des Königlichen Nationalmuseums zu München, Dr. Ph. M. Halm äußerte sich dahin, daß die neuen terra sigillata-Gefäße in ihrem ganzen Charakter, vor allem in ihrem warmen Ton und ihrem metallischen Klang, den Originalen so außerordentlich nahestehen, daß nur ein archäologisch geschulter Fachmann imstande sein dürfte, Original und Nachbildung zu unterscheiden. Er riet dem Erfinder, bei allen Nachbildungen den Firmenstempel anzubringen, damit man sie auch als Nachbildungen erkennt, so daß sie nicht zu unlauteren Zwecken verwendet werden können. Wenn natürlich auch nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, daß die Fischersche Technik genau der altrömischen entspricht, und wenn auch manche Zweifel hierüber geäußert und angebliche Unterscheidungsmerkmale (wie z. B. bei den alten Gefäßen hineingefallene und mitgebrannte Tropfen, die stark glänzen) gefunden worden sind, so läßt die Ähnlichkeit der Produkte mit den alten terra sigillata-Waren auch die Gleichartigkeit der Verfahren als höchst wahrscheinlich erscheinen.

Über die Technik, nach der die Römer ihre Tonwaren brannten, sind wir durch zahlreiche Funde von Öfen sowie von mit solchen ausgestatteten Töpferwerkstätten auf das eingehendste unterrichtet. Wenn die einzelnen Ofenkonstruktionen auch in manchen Einzelheiten voneinander abwichen, so zeigen sie doch in ihren Grundzügen eine ziemliche Gleichartigkeit. Vor allem sind der Feuerraum und der Brennraum von einander getrennt. Der Feuerraum liegt oft so weit vom Brennraum weg, daß nicht einmal mehr die Flammen, sondern nur die heißen Gase in den letzteren gelangen können. Der Brennraum hat in der Regel eine runde Form, der Boden ist durchlöchert, so daß durch ihn Flammen oder die heißen Gase oder beide zusammen eintreten könnten. Die Decke ist meistens gewölbt und in der Mitte durch einen viereckigen Pfeiler gestützt. Der Durchmesser des Brennraumes ist fast stets ein geringer,

er beträgt meist 2—3 m, oft noch weniger. Diese geringen Abmessungen ermöglichen es, daß man bei kleineren Öfen die ganze Kuppe abnehmen konnte, um das Brenngut



Abb. 208. Römischer Brennofen (zum Brennen von Tonwaren).
Links der Ofen von Castor in der Grafschaft Northampton in England, rechts der Ofen von Heiligenberg bei Straßburg. Beide zuerst beschrieben von Brongniart. — Nachbildung im Deutschen Museum München.



einzusetzen und wieder herauszunehmen. Bei größeren Öfen war hierzu eine besondere Öffnung vorgesehen. Neben Rundöfen finden sich jedoch auch Langöfen. So wurden



Abb. 209 u. 210. Römischer Brennofen in Heddernheim.
Vom Vorraume, in dem der ihn bedienende Arbeiter saß, aus gesehen. Abb. 209: Blick in den Feuerraum und in die durchlöcherte Sohle des Brennraums. Abb. 210: Blick in den erhaltenen Teil des Brennraums.

z. B. bei Aquincum, dem heutigen Ofen, einem Stadtteil von Budapest, sieben Langöfen aufgedeckt, in deren Nähe sich nach Doufrain fünf Rundöfen befanden,

ein Beweis, daß hier der Sitz einer großen Industrie war. Von den Langöfen diente ein Teil zum Brennen von Geschirr, ein anderer für Dachziegel. Die am besten erhaltenen Öfen haben Umfassungsmauern von 1—1,5 m Dicke. Durch den ganzen Ofen geht in der Mitte ein Feuerkanal von 1,25 m Höhe und 1 m Breite. Die Entfernung von der Oberkante des Gewölbes bis zur Bodenhöhe des Ofens ist 0,70 m, von der Kanalsohle bis zum Boden insgesamt etwa 2 m. Der untere Teil des Kanalmauerwerkes ist aus Trachytblöcken, darüber liegt 0,70 m dickes Ziegelmauerwerk. Der Kanal springt einen Meter vor den eigentlichen Ofen vor und bildet so den Feuerraum, das „Präfurnium". Inwendig gehen von dem Hauptkanal auf jeder Seite acht Seitenkanäle von etwa 0,25 m Breite ab. Die Mündungen dieser Seitenkanäle liegen 0,75 m über der Sohle des Hauptkanals. Von hier aus steigen die Seitenkanäle unter 45 Grad an und endigen an der Umfassungsmauer des Ofens. Die einzelnen Zwischenmauern, Gewölbe samt Widerlagern, sind 0,30 m stark aus Roh-



Abb. 211. Modell einer römischen Töpferwerkstätte im städtischen historischen Museum, Frankfurt a. M. Rechts der als Muffel ausgebildete Ofen mit gewölbter Decke. (Angefertigt von Gondlach.)

ziegeln von 30. 30. 10 cm aufgebaut. Alles ist mit einem fast 1 Zoll starken Lehmüberzug versehen, und in den Kanälen hängen hier und da noch Klumpen von Schmolz. Zur Verteilung der Flammen sind in 12—15 Reihen runde Löcher von 5 cm Durchmesser angeordnet. Die Öfen hatten wahrscheinlich kein Gewölbe, und es scheint, daß man sie vor jedem Brande mit Erde zugeschüttet hat. Von den Rundöfen sind zwei durch einen Kanal verbunden, was darauf schließen läßt, daß der kleinere durch die Abhitze des größeren geheizt wurde, und daß man darin Gegenstände (Formen, Stempel usw.) brannte, die keine zu große Hitze bekommen sollten.

An manchen Stellen, wie z. B. in der Nähe von Waiblingen in Württemberg, finden sich Töpferöfen aus der Zeit von etwa 150 n. Chr., die nicht aus Lehm oder Ziegeln erbaut sind, sondern die man direkt aus der Lehmschicht herausgeschnitten hat. Unten befindet sich der zweigeteilte Feuerraum, darüber der Boden des Trockenraums, in den Löcher eingeschnitten waren, um der heißen Luft das Eindringen zu ermöglichen, und darüber wölbte sich, wie aus den Ansätzen noch deutlich erkennbar ist, eine mit Schornstein versehene Kuppel. Durch die dauernde Hitze haben die Innenwände der Öfen förmlich Glasur erhalten. Im Boden vor jedem Ofen sieht man

die Vertiefung, in der der ihn bedienende Arbeiter saß. Nach den gefundenen Überresten von Kohlen war Buchenholz zur Feuerung verwendet worden.

Als eine besondere Vervollkommnung der römischen Töpferöfen müssen die Muffelöfen bezeichnet werden, die man vereinzelt findet, und bei denen das Brenngut in eine Muffel eingeschlossen war, die es vollkommen vor dem Zutritte der Gase schützte. Freilich sahen die Muffeln nicht so aus wie heute. Sie waren keine allseitig geschlossenen Räume, es diente vielmehr der ganze Brennraum als Muffel. Durch ihn ging eine Anzahl von Röhren hindurch, die in die Öffnung der Ofensohle eingesetzt waren und die, sich nach oben verengend, bis zum Gewölbe des Ofens aufstiegen. Die Flammen und heißen Gase strömten durch diese Röhren hindurch, durch deren Wandungen die Hitze sich dem Brennraume mitteilte. Gewisse Anzeichen deuten darauf hin, daß man an manchen Öfen sogar eine Art von Gasfeuerung hatte: wenigstens läßt der Feuerraum darauf schließen, daß man hier ein brennbares Gas erzeugte, das im Ofen selbst entzündet wurde. So wechseln die Ofenkonstruktionen in mannigfachster Weise, bei allen aber zeigt sich der Blick der Römer für das Zweckmäßige.

Germanen.

Es sei noch erwähnt, daß die hohe Vollkommenheit der römischen Keramik auch befruchtend auf die Technik anderer Völker, insbesondere der **Germanen** gewirkt hat. Diese stellten ihre Gefäße aus ungeschlämmtem Ton her und trockneten sie an der Sonne oder brannten sie in offener Flamme, so daß sie ziemlich weich und porös blieben. Mit dem Eindringen der Römer ändert sich dieses. Der Ton wird geschlämmt, der Töpferofen ermöglicht die Erzielung höherer Hitzegrade und damit härterer Ware, während die Töpferscheibe die Ursache einer besseren Formgebung wird. Die rauchgeschwärzte Ware wird verbessert und geht dann, insbesondere zur Zeit des **Augustus**, als „terra nigra“ vom Lande der Treverer und sonstigen Erzeugungsstätten aus in alle Welt. Wie die auf den Ziegeln und sonstigen Tonwaren befindlichen Stempel erkennen lassen, werden unter römischer Herrschaft zahlreiche Germanen zu geschickten Töpfern.



Abb. 212. Römisch-germanische Töpferwaren von besonders guter Form. Aus einem Brandgrab. Provinzialmuseum Trier.

Literatur zum Abschnitt: „Die Keramik".

Acheson, Deflocculation. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 1912, No. 1.

Albizzati, Zwei etruskische Fabriken rotfiguriger Vasen. Mitteilungen des Kaiserl. deutschen Archäologischen Instituts, römische Abteilung 1916, Heft 1.

Bartel, Terra Sigillata und ihre Nachbildung. Keramische Rundschau 1909, S. 309.

Behn, Römische Keramik mit Einschluß der hellenistischen Vorstufen. Kataloge des römisch-germ. Zentralmuseums. Mainz 1911.

Bersu, Römische Töpfereien in Beinstein in Württemberg. Tonindustriezeitung 1914, S. 342.

Blümner, Technische Probleme aus Kunst und Handwerk der Alten. Berlin 1877.

— Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei den Griechen und Römern. Band II. Leipzig 1879.

Brongniart, Traité des Arts céramiques ou des poteries considérées dans leur histoire, leur pratique et leur théorie. Paris 1844.

Burton, Über die Zusammensetzung altägyptischer Keramiken. Referat eines vor der Royal Society of Arts gehaltenen Vortrags in Sprechsaal, Zeitschr. für die keramischen, Glas- und verwandten Industrien 1912, S. 687.

Diergart, Die römische Töpferware Terra Sigillata und das neue Fischersche Verfahren. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften, Band VIII, S. 245.

Doufrain, Römische Ziegelei Aquincum. Tonindustrie-Zeitung 1911, S. 480.

Dragendorff, Neue Terra-Sigillata-Funde aus Heddernheim. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV, Frankfurt a. M. 1907.

— Okkupation Germaniens durch die Römer. Bericht über die Fortschritte der römisch-germanischen Forschung im Jahre 1905, Frankfurt a. M., 1906.

Dragendorff, Provinziale Keramik. Bericht über die Fortschritte der römisch-germanischen Forschung im Jahre 1905. Frankfurt a. M. 1906.

Fiala, Beiträge zur römischen Archäologie der Herzegowina. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.

Fischer, Carl und Georg, Verfahren zur Erzeugung farbiger Tonwaren D. R. P. 206 395.

Forrer, Die römischen Terra-Sigillata-Töpfereien von Heiligenberg-Dinsheim und Ittenweiler im Elsaß. Stuttgart 1911.

Foster, Die Zusammensetzung einiger griechischer Vasen. Chemisches Zentralblatt 1910, S. 1636.

Franchet, La chimie des Arts du Feu. Revue Scientifique 1907, S. 161.

— Schwarze Glasur auf antiken Vasen. Referat nach einem Vortrag von Franchet in der Ac. d. Sciences, in Prometheus 1911, S. 159.

— Über die Darstellung des schwarzen Emails der altgriechischen Gefäße mit Hilfe von natürlichem Ferroferrioxyd. Chemiker-Zeitung 1911, S. 541.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890. Bd. I, S. 259.

Führer durch die Skulpturen und Antikensammlungen des Museum Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.

Glasenapp, Untersuchungen von antiker und moderner Terra Sigillata. Ref. der Chemiker-Zeitung 1909, Nr. 154 nach Vortrag in der Sitzung der Chemischen Gesellschaft am Rigaischen Polytechnischen Institut. Dezember 1909.

Glasur, Die schwarze, der italo-griechischen Töpferwaren von S. L. Keramische Rundschau 1911, S. 162.

Granger, Über die Technik der Darstellung von bei den Ausgrabungen von Susiana gefundenen Terrakottagefäßen. Ref. d. Chemiker-Zeitung nach Comptes Rendus 1912, S. 763.

Heinecke und Eisenlohr, Über die Zusammensetzung von Fliesen der Omar-Moschee in Jerusalem. Sprechsaal 1912, Nr. 50.
Herodot, Geschichten. 1. Buch, 179.
Heuser, Die Ludowicische Terra-Sigillata-Sammlung und die Glasurfrage. Die Saalburg. Mitt. d. Vereinigung der Saalburgfreunde 1910, S. 358.
Hirano, Porzellanbrennöfen in Japan. Keramische Rundschau 1912, S. 3.
Jacobi, Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.
Kellner, Römische Baureste in Ilidze bei Sarajevo. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1897, Wien 1897.
Le Chatelier, Archäologisch-keramische Untersuchungen. Zeitschr. f. angew. Chemie 1907, S. 517.
Lossen, Terra sigillata. Zeitschrift für angewandte Chemie 1913, S. 38.
Macchioro, Ceramicia Sardo-fenicia nel museo civico de Pavia. Boll. de Società Pavese di storia patria 1908, S. 318.
Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.
Neumann, Die Entwicklung der Ziegeltechnik im Altertum. Tonindustrie-Zeitung 1916, S. 111.
Patsch, Archäologisch-epigraphische Untersuchungen zur Geschichte der römischen Provinz Dalmatien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Pukall, Über die Zusammensetzung altägyptischer Keramiken. Sprechsaal 1912, Nr. 48.
Radimsky, Die Nekropole von Jezerine. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.
— Die vorgeschichtlichen und römischen Altertümer des Bezirkes Zupanjac in Bosnien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.
Rathgen, Über Ton und Glas in alter und uralter Zeit. Vortr., geh. auf der Hauptversammlung des deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie. Februar 1913 Ref. Chemiker-Zeitung 1913, S. 441.
Rhousopoulos, Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1909. S. 287.
Roeder, Die Verwendung von Ton im alten Ägypten. Tonindustrie-Zeitung 1914, S. 953.
Rohland, Aus der Geschichte der Tonmaterialien. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1912, S. 54.
Skias, Neue Ausgrabungen in der alten Metropole von Eleusis. Übersetzt aus Ephemeris archaiologike 1912, S. 1.
Sprater, Das römische Rheinzabern und seine Industrie. Prometheus 1914, S. 235.
Steindorff, Grabfunde des mittleren Reiches aus den Königlichen Museen in Berlin in: Mitt. aus der orientalischen Sammlung d. Königl. Museen zu Berlin 1896 und 1901.
— Die Blütezeit des Pharaonenreichs. Bielefeld 1900.
Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschr. Die Kultur 1905, S. 474.
Thomas, Töpferöfen in der Römerstadt bei Heddernheim. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft I. Frankfurt a. M. 1894.
Welcker, Die Fundstücke aus der römischen Töpferei vor dem Nordtore (Heddernheim). Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV. Frankfurt a. M. 1907.
— Die Fundstücke aus der römischen Töpferei vor dem Nordtore von Nida. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV, Frankfurt a/M. 1907, S. 103.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Wolff, Die Töpfereien vor dem Nordtore der römischen Stadt (Heddernheim). Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV. Frankfurt a. M. 1907, S. 87.
Woenig, Am Nil. Leipzig. Bd. I, S. 22.

Das Glas.

Der Ursprung des Glases.

Nach einer lange Zeit hindurch geglaubten Annahme, die auf Plinius zurückzuführen ist, sollen die Phönizier die Erfinder des Glases sein. Diese Erzählung ist jedoch in das Reich der Fabel zu verweisen, denn schon lange vor den Phöniziern stellten die Ägypter Glas her und fertigten daraus die verschiedenartigsten Gegenstände, vor allem auch Schmuckstücke an. Das älteste aller bekannten Glasstücke befindet sich in der ägyptischen Abteilung des Berliner Museums.[1]) Es ist eine grünliche Glasperle, die neben anderen Gegenständen in einem ägyptischen vorgeschichtlichen Hockergrab gefunden wurde. Man hat diese ungefähr 5400 Jahre alte Perle längere Zeit für einen Stein, und zwar für Quarz gehalten, bis man einen kleinen Sprung an ihr entdeckte, der es ermöglichte, ein winziges Stückchen abzusprengen und es einer chemisch-mikroskopischen Prüfung zu unterwerfen. Bei dieser von Rathgen ausgeführten Untersuchung ergab sich bei der Behandlung mit Jodeosinlösung eine starke Rotfärbung, die den Beweis erbrachte, daß hier Glas vorliegt, da Quarz bei der gleichen Behandlung nicht gefärbt wird. Durch Pulvern und Aufschließen mit Ammoniumfluorid und Schwefelsäure konnte festgestellt werden, daß die Perle neben Kieselsäure Kalzium und Natrium enthält, daß sie also als Kalk-Natronglas anzusprechen ist. Ob sie absichtlich dargestellt wurde oder ob sie bei der Herstellung von Ziegelglasuren als Nebenprodukt entstand, mag dahingestellt bleiben. Die Analyse der Perle beweist aber des weiteren noch, daß die Ägypter schon 3500 Jahre vor Beginn unserer Zeitrechnung über eine Anzahl beachtenswerter technischer Fertigkeiten verfügten: Sie vermochten nicht nur Quarz (Kieselsäure) bis zu seiner Schmelztemperatur zu erhitzen, sondern sie wußten auch, daß die im Gestein enthaltene Kieselsäure unter Hinzufügung von Salz oder Soda[2]) eine glasartige Verbindung eingeht. Außerdem vermochten sie der geschmolzenen Masse bereits eine bestimmte Form zu geben.

[1]) Flinders Petrie erwähnt in „The Royal tombs of the earliest Dynasties" auf Tafel XXXVIII Fig. 53 u. 57 (Age of Zet) ein Stück grünen Glases, das vielleicht noch älter sein könnte, als das im Berliner Museum. Alle nähere Angaben über dieses Glasstück fehlen aber.

[2]) Welches der beiden Natriumsalze sie verwendeten, ist unbekannt; nach Ansicht des Verf. wahrscheinlich die in Ägypten vorkommende natürliche Soda.



Abb. 213. Glasstäbchen mit dem Namen Amenemhet III. (um 1830 v. Chr.). Millefioritechnik. Länge 3,9 cm, Breite 1 cm, Dicke 0,5 cm. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Auch Färbungen wußten sie schon sehr frühe hervorzubringen. Den Beweis hierfür liefert ein gleichfalls in der ägyptischen Abteilung des Berliner Museums befindliches Glasstäbchen, das aus einer Anzahl blauer und weißlicher Glasstreifen hergestellt ist, die so verschmolzen wurden, daß sie den Namen Amenemhet III. ergeben, der um das Jahr 1830 v. Chr. lebte. (Abb. 213.) Ein etwas jüngeres im Britischen Museum befindliches Stück stammt aus dem Jahre 1500 v. Chr. Es ist das erste bekannte Glasgefäß und ist aus hellblauem Glase mit braunen Streifen angefertigt. Da es den Namen Tutmosis (Tutmes) III. trägt, so ließ sich die Zeit seiner Herstellung genau feststellen.

Ägyptische Glastechnik.

Es fragt sich nun, auf welche Weise die Ägypter ihr Glas herstellten, und wie sie es zu den so verschiedenartigen Gegenständen, die man bei Ausgrabungen findet, verarbeiteten. In einem Grabe von Beni Hassan findet sich ein wahrscheinlich aus der Zeit um 1900 v. Chr. stammendes Relief, an dem Arbeiter mit Hilfe langer Pfeifen scheinbar an einem Glasgefäß arbeiten. Man hat lange Zeit geglaubt, daß es sich hier um Glasbläser und um die bekannte Glasbläserpfeife handelt. Kisa und andere haben jedoch nachgewiesen, daß dieses Relief nicht Glasbläser, sondern Metallarbeiter darstellt, die einen Schmelzofen anblasen. Durch einen vor etwa 23 Jahren von Petrie in Tell el-Amarna gemach'en Fund, der zum Teil an das Berliner Museum überging (Abb. 214 u. 215), sind wir darüber unterrichtet, in welcher Weise die alten Ägypter das Glas anfertigten und behandelten. Dieser Fund stellt eine aus dem Jahre 1370 v. Chr. stammende altägyptische Glaswerkstätte dar. Nach den Untersuchungen von Petrie wurde das Glas dadurch gewonnen, daß man Quarz und Alkali in Tontiegeln zusammenschmolz. Es entstand ein farbloses Erzeugnis, dem man farbige Fritte zusetzte, auf deren Herstellung wir sogleich zurückkommen werden. Während des Schmelzens wurden mit Hilfe von Zangen Proben aus der Schmelze herausgenommen, die zur Begutachtung der Farbe dienten. Hatte der Glasfluß die richtige Farbe, so ließ man ihn erkalten und zertrümmerte, um ihn zu gewinnen, den Tiegel. Man hatte dann ein Stück von ungefüger Form, dem man, um es weiter verarbeiten zu können, erst eine passende Gestalt geben mußte. Zu diesem Zweck erweichte man die Glasstücke einzeln im Ofen und rollte sie dann auf harter Unterlage unter einem Metallstab. Es entstand so ein zylindrischer Glasstab, der das Rohmaterial, den Vorrat zur Anfertigung der verschiedenartigsten Gegenstände darstellte.

Die farbige, zum Färben des eigentlichen Glases benutzte Fritte ist ihrer chemischen Natur nach ein zerkleinerter Glasfluß, der wohl einem Zufall seine Entstehung verdankt. Die zur Glasfabrikation benutzten Rohmaterialien dürften vielfach eisenhaltig gewesen sein. Enthält nun der Glasfluß Eisen, so färbt er sich, je nachdem man ihn im oxydierenden oder im reduzierenden Feuer behandelt, braunrot oder grünlich

(rote und grüne Weinflaschen). Da man vor der Verwendung von Tiegeln den Glassatz wohl auch häufig in Löchern zusammenschmolz, die man in die Erde gegraben hatte, und da auch bei der Verwendung von Tiegeln die Regelung des Feuers nicht

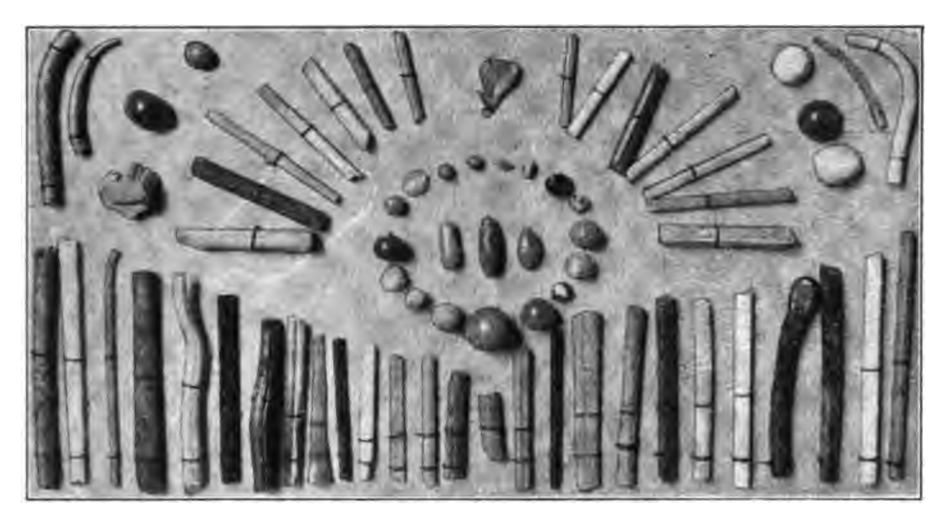


Abb. 214. Glasstücke aus der Glasfabrik von Tell el-Amarna (um 1370 v. Chr.). Verschieden gefärbte Stäbe, Stücke und Perlen. — Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 215. Bruchstücke von bunten Glasstäben u. Glasgefäßen aus Tell el-Amarna (um 1370 v. Chr. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

immer gleichmäßig ausgefallen sein dürfte, so erhielt man rote und grüne Massen, die man zum Färben des Glases verwendete. Später kamen dann noch weitere Farben hinzu, die ebenfalls infolge verschiedenartiger in den gebrauchten Materialien enthaltener Verunreinigungen entstanden. Es finden sich violette Gläser, die Mangan enthalten, blaue und rötliche, die ihre Farbe einem Kupfergehalte verdanken usw. usw. Erfahrungen und Zufall dienten als Lehrmeister und bewirkten, daß die Farbenskala eine immer reichhaltigere wurde. Allmählich lernte man auch, das durch einen Eisengehalt gefärbte Glas durch Zusatz manganhaltiger Substanzen zu entfärben, nachdem man schon vorher erkannt hatte, daß man bei Benutzung des sehr reinen Nilsandes gleichfalls ein farbloses Glas bekam. Die farblosen altägyptischen Gläser sind heute zwar undurchsichtig, da sie im Laufe der Zeiten verwitterten; es steht jedoch fest, daß vom ersten Jahrhundert v. Chr. an die alten gefärbten Gläser von dem farblosen Glase verdrängt wurden, sie kamen außer Mode. Dies bedeutet, obschon darin eine technische Vervollkommnung liegt, eigentlich den Niedergang der Glasmacherkunst, die zur Zeit der 18. und 19. Dynastie (1550—1200 v. Chr.) auf ihrer höchsten Höhe steht; zeigen sich doch hier ein Reichtum der Farben und eine Fülle der Formen, wie wir sie weder vorher noch nachher wieder treffen.



Abb. 216. Ägyptischer Handspiegel mit Glaseinlage. Aus einem Grabe bei Meidum. Höhe 0,255 m, Breite 0,115 m. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Die aus den Glastiegeln hervorgegangenen zylindrischen Stäbe stellten, wie schon erwähnt, das Vorratsmaterial für die Weiterverarbeitung des Glases zu allen möglichen Gefäßen, Vasen, Amuletten, Schmuckstücken und — falschen Edelsteinen usw. usw. dar. Das oben angeführte Relief von Beni Hassan hat zu der Vermutung Veranlassung gegeben, daß die Glasbläserkunst in Ägypten schon zu sehr frühen Zeiten heimisch war. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die Vasen und sonstige Hohlgefäße nicht geblasen, sondern auf andere Weise geformt wurden. Man stellte zunächst einen Tonkern her, der die Gestalt der zu formenden Vase hatte. Er wurde an einem Stabe befestigt, so daß man ihn bequem handhaben konnte. Dann nahm man aus dem Vorrat einen Glasstab, erweichte ihn und legte ihn in diesem Zustand um den Tonkern herum. Es folgte ein zweiter Stab, ein dritter usw., bis der ganze Kern mit der Glasmasse überzogen war. Dann hielt man das Ganze in den Ofen, wo man es unter ständigem Drehen weiter erhitzte, so daß die einzelnen Stäbe gut miteinander verschmolzen. Wenn dann die Vase fertig war, so zertrümmerte man den beim Brennen geschwundenen Tonkern und nahm seine Stücke einzeln heraus. Im ersten Jahrhundert v. Chr. taucht dann eine andere Art der Herstellung von Hohlgefäßen auf. Man verwendete wieder Modelle aus Ton, jedoch nicht mehr Kerne, sondern Hohlformen, die sich auf der Töpferscheibe leicht anfertigen ließen. Nachdem man sie gebrannt hatte, goß man die flüssige Glasmasse hinein und schwenkte sie darin herum, so daß sie die Innenwandungen überzog. Nahm man dann das Tonmodell ab, so hatte man ein Glasgefäß. Auch große Gußstücke wurden

aus Glas hergestellt. So ließ Sesostris schon 1643 v. Chr. eine Bildsäule aus Glas gießen.

Das Glasblasen war in Ägypten noch zur Zeit der Ptolemäer (311—30 v. Chr.) unbekannt. Es ist zweifellos eine Erfindung der Phönizier, die in der Zeit von 20 v. Chr. bis 20 n. Chr. in Sidon gemacht wurde. Wieso man darauf kam, Glas zu blasen, läßt sich wohl kaum mehr feststellen. Die Annahme Kisas, daß man durch Beobachtung von Seifenblasen den Gedanken des Glasblasens gefaßt habe, dürfte



Abb. 217. Glasrosetten vom Belag einer Mumie.
Die Glasteilchen sind in eine Stuckschicht eingelassen. Fundort Abusir el Meleq.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

den tatsächlichen Verhältnissen wohl kaum entsprechen, da der Gebrauch einer zur Herstellung von Seifenblasen geeigneten Seife bei den Phöniziern mehr als zweifelhaft sein dürfte. Die Phönizier haben die Technik der Glasfabrikation und Glasbearbeitung von den Ägyptern gelernt und sie über weite Teile des Orients verbreitet. Die Erfindung des Glasblasens gibt ihrer Glasindustrie neuen Aufschwung. Die ersten Produkte der Glasbläserei waren kleine Vasen sowie Gefäße für Balsam und Essenzen. Es waren Reliefgläser, auf denen — und zwar meist auf den Henkeln — die auf die neue Kunst nicht wenig stolzen Künstler ihre Namen verewigten. Der bekannteste unter ihnen hieß Ennio.



Abb. 218. Bildsäule eines Mannes. Aus Kalkstein mit Glasaugen.
Ägypten, Altes Reich. Fundort: Sakkara.
Höhe 0,61 m, Breite 0,27 m, Länge 0,355 m.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Noch einer besonderen altägyptischen und von Ägypten aus auf die Phönizier und andere Völker übergegangenen Glastechnik sei hier Erwähnung getan. Es wurde schon oben jenes eigenartigen, aus der Zeit um 1830 v. Chr. stammenden, prismatischen Glasstückes Erwähnung getan, das aus blauen und weißen Glasstreifen derart hergestellt ist, daß es an seinen beiden Enden den Namen des Königs Amenemhet III. zeigt, und zwar in blauen Schriftzeichen auf weißem Grunde (Abb. 213). Solche buntgestreifte Gläser finden sich noch mehrfach. Sie wurden in der Weise angefertigt, daß man die im Ofen hergestellten bunten Glasstäbe nebeneinander legte und erhitzte,

so daß sie zusammenschmolzen. Dann zog man sie, solange sie noch heiß und weich waren, in die Länge. Es ist dies eine auch heute noch vielfach verwendete Glastechnik, die sogenannte „Millefioritechnik". (Siehe auch Abb. 215 S. 157 u. 217 S. 159.)

Eine andere besondere Glastechnik der alten Ägypter war die Herstellung künstlicher Augen, die sie den Mumien sowie Statuen einsetzten. (Siehe Abb. 218 S. 159.) Diese künstlichen Augen bestehen aus allen möglichen Materialien und sind zum Teil zusammengesetzt. Der Stern, Iris und Pupille bestehen aus Glas, die Sklerotika (weiße Augenhaut) aus einer Metallegierung, Elfenbein, Perlmutter, Feldspat (South Kensington Museum, London; 5. oder 6. Dynastie), Marmor (Musée du Parc du Cinquantenaire, Brüssel) oder ganz aus Glas (Nationalmuseum, Stockholm, 700 v. Chr.). Ob die alten Ägypter auch den Lebenden künstliche Augen einsetzten, ist nicht bekannt. Ebers hält es nicht für unwahrscheinlich.

Phönizier.

Außer den Ägyptern waren im Altertume, worauf wir schon hinwiesen, auch die Phönizier hervorragende Glastechniker. Sie scheinen den Handel mit Glas beherrscht zu haben, denn in Syrien und Judäa gab es bis zur römischen Kaiserzeit keine Glasindustrie. Die Bezeichnung für das Glas findet sich nach Pinner nur einmal in der Bibel (Hiob 28, 17), also in einem der am spätesten abgefaßten Bücher des Alten Testamentes, wo es als kostbares, dem Golde gleichwertiges Material angeführt wird. Dies läßt darauf schließen, daß das im alten jüdischen Reiche von den Phöniziern bezogene Glas sehr teuer war. Der hohe Preis erklärt sich aus der zur Herstellung nötigen Kunstfertigkeit sowie aus der Zerbrechlichkeit und der daraus erwachsenen Schwierigkeit des Transports. Auch in Mesopotamien scheint man das Glas nur bezogen und nicht selbst angefertigt zu haben. Ob die berühmte aus dem 8. Jahrhundert stammende Vase des Königs Sargon im Britischen Museum, ein beutelförmiges Gefäß aus halbdurchsichtigem grünlichem Glase, wirklich assyrisches Erzeugnis ist, erscheint zweifelhaft.

Griechen.

Auch die Griechen haben die Technik der Glaserzeugung und -Verarbeitung wohl kaum jemals in irgendwie erheblichem Umfang ausgeübt, ja es mag sogar zweifelhaft erscheinen, ob zur Zeit des Aristophanes (450—385 v. Chr.) das Glas in Griechenland überhaupt schon in weitern Kreisen bekannt war. Für seine geringe Verbreitung spricht der Umstand, daß man es als ganz erstaunlich fand, wenn die Perser, wie berichtet wurde, aus Gläsern tranken. Außerdem kam der Preis des Glases dem der Juwelen gleich. Allerdings hat Kurt Müller bei Ausgrabungen in Pylos, wobei Gegenstände mykenischer Zeit (1600—1200 v. Chr.) zutage gefördert wurden, ein schönes blaues durchsichtiges Stück einer Vase gefunden, das sich bei der Untersuchung durch Rhousopoulos sowohl durch seine physikalischen sowie auch durch seine chemischen Eigenschaften als ein ziemlich schwer schmelzbares Kaliglas erwies, das durch eine Kupferoxydverbindung blau gefärbt war. Rhousopoulos schließt hieraus, daß bereits zu jener mykenischen Zeit in Griechenland Glas hergestellt worden sei, und sucht dies durch Anführung weiterer Gegenstände aus dem Museum von Athen zu beweisen.

Die Glastechnik der Römer.

Zu außerordentlich hoher Blüte gelangte die Glastechnik bei den Römern, doch sind deren Kenntnisse wohl gleichfalls ägyptischen Ursprungs und zwar wahrscheinlich auf die alexandrinischen Glasbläsereien zurückzuführen. Bei den Römern wird das Glas Gebrauchsgegenstand. Schon im ersten Jahrhundert v. Chr. verdrängt es die goldenen und silbernen Becher von den Tafeln, schon damals finden sich in den Städten des Römischen Reiches Fensterscheiben aus Glas, die später ziemliche Größe annehmen. Es haben sich derartige Scheiben in den Abmessungen von 30:60 cm bis jetzt erhalten. Man kann wohl annehmen, daß noch größere Scheiben — und zwar wahrscheinlich durch Guß — angefertigt wurden, denn in Pompeji fanden sich bronzene Rahmen für Fensterscheiben mit Glasresten, deren Tafeln eine Größe von 54:72 cm gehabt haben dürften. Eine sehr große Scheibe hatte das Apodyterium (Auskleidezimmer) der kleinen Thermen zu Pompeji (siehe Seite 372), deren Abmessungen 1,0:0,7 m bei 0,013 m Dicke betrugen. Die Scheibe ist auf der einen Seite matt und man nimmt an, daß die Mattierung durch Schleifen hervorgebracht worden sei. Die Scheibe saß in einem Rahmen aus Bronze, der sich mit ihr um zwei in seiner Mitte angebrachte Zapfen drehte. Sonst waren die Rahmen der Glasfenster meist aus Holz. Auch die Ägypter benutzten gegossene Glastafeln zum Bedecken von Gemälden.

Da die Technik der Glasbereitung auf die Ägypter zurückzuführen ist, so findet sie auch bei den Römern in genau der gleichen Weise statt. Vor allem macht man sich die Verfahren zur Entfärbung des Glases zunutze und stellt in der Hauptsache entfärbtes Glas dar, dem man durch Verzieren mit gefärbten Gläsern noch einen besonderen Schmuck verleiht. Als Entfärbungsmittel wird, wie Roters durch Untersuchung von Scherben farblosen, auf der Saalburg gefundenen Glases ermittelt hat, durchweg Mangan verwendet, so daß sich also die Römer desselben Entfärbungsmittels bedienten wie die heutige Technik.

Die Färbemittel gleichen ebenfalls in weitgehendem Maße unsern jetzigen. Es sind im allgemeinen dieselben, wie man sie auch für die Glasuren der Tonwaren verwendet. Für Grün dient Eisenoxydul (Roters), für Blau Kobalt, für Braunrot Eisenoxyd, für Schwarz eisenhaltiger Braunstein, für Violett Mangan; ferner werden auch noch die folgenden weiteren Färbemittel verwendet: Kupfer für Rot, Blau und Grün, Chrom für Grün, Antimon und Uran für Gelb und Orange (Analysen von K. A. Hofmann). Das Gold wurde in das Glas eingeschmolzen, und zwar meist in Form von Blattgold. Die römischen Goldgläser sind Gefäße, die zwischen zwei Glasschichten Figuren usw. aus Blattgold enthalten. Aus dem Blattgolde ritzte man Linien und ganze Teile heraus, wodurch der Grund freigelegt wurde. Man tauchte auch erhitztes Glas, insbesondere Glasfäden, in Goldstaub, ehe man es weiter verwendete. Beim Aufblasen nahm ein so behandelter oder mit Blattgold belegter Tropfen einen großen Umfang an, wodurch das Gold sehr fein verteilt wurde und eine sehr schöne Wirkung entstand. Ein sehr schöner antiker roter Glasfluß, der zuerst im Jahre 1844 in Pompeji gefunden wurde, das sogenannte „Hämatinon", ist von Pettenkofer untersucht worden und erwies sich als ein bleihaltiges Natronkalksilikat, dessen hoher Glanz durch das Blei hervorgebracht wurde, während die

prächtige blutrote Farbe von Kupferoxydul herrührt. Pettenkofer ermittelte folgende Werte:

Kieselerde	49,90%
Natron	11,54%
Kalk	7,20%
Bittererde	0,87%
Bleioxyd	15,51%
Kupferoxydul	11,03%
Eisenoxydul (mit Spuren von Manganoxyd)	2,10%
Tonerde	1,20%

Wie dieses herrliche Glas hergestellt wurde, das die Römer „Obsidianglas" nannten, beschreibt Plinius (XXXVI 26): „Man macht auch für Speisegeschirre in einer Art der Färbung ein Obsidianglas, welches ganz rot und nicht durchscheinend ist, das sogenannte Blutrot" ; und vorher: „Man kocht aber das Glas mit weichem und trockenem Holze, unter Zutat von Kupfer und Nitrum (wahrscheinlich Soda). Es wird in Öfen mit ununterbrochenem Gange wie Erz geschmolzen und gibt schwärzliche Massen von tiefsatter Farbe. Aus diesen Massen wird es in den Werkstätten wieder geschmolzen und gefärbt".

Es ist Pettenkofer gelungen, auf dem von Plinius angegebenen Wege dieses alte Obsidianglas der Römer wieder herzustellen, wobei er fand, daß die erst schwarze Masse sich bei erneutem Schmelzen blutrot färbt. Der Ausdruck des Plinius „tingitur" ist daher nicht als „es wird gefärbt" zu verstehen, sondern als „es färbt sich".

Zu der Kunst, das Glas in so mannigfacher Weise zu färben, gesellten sich später noch weitere Kunstgriffe, durch die man verschiedenartige Wirkungen hervorbrachte. Vor allem verstand man es, gläsernen Gegenständen metallische Reflexe zu verleihen. Es sind hiermit nicht jene eigenartigen Reflexe gemeint, die man heute auf fast allen ausgegrabenen altrömischen bzw. antiken Gläsern sieht. Das Irisieren dieser Gläser beruht zuweilen auf einer teilweise unvollkommenen Entfärbung, meist aber darauf, daß das Glas im Laufe der Jahrhunderte durch die im Erdboden vorhandenen Humussäuren und andere Stoffe an seiner Oberfläche eine Zersetzung erfuhr, wodurch es mit einer irisierenden Schicht bedeckt wurde. Die hier in Frage stehenden Reflexe kamen vielmehr erst in spätrömischer Zeit auf und wurden dadurch hervorgebracht, daß man Verbindungen von Metallen mit Harzen auf Glas auftrug und sie bei schwacher Rotglut einbrannte. Man erhält mit Kupfer rote, mit Silber goldige, mit Wismut blaue Töne, die Franchet in neuerer Zeit durch Nachahmung des römischen Verfahrens in gleicher Weise wieder zu erzeugen vermochte. Daß ähnliche Reflexe durch Aneinanderreihen feiner Linien erzeugt werden können, scheint übrigens in Griechenland bereits bekannt gewesen zu sein, wo man zwar kein Glas verwendete, wohl aber durchsichtige Quarzplatten auf eine silberne Unterlage legte und sie dann durch Anbringung gerader Linien riefte, was wohl den Zweck gehabt haben dürfte, eine irisierende Lichtwirkung hervorzubringen (Rhousopoulos, Nr. 2708 der Sammlung des griechischen Nationalmuseums).

Die berühmten murrinischen Gefäße (murrina vasa, auch pocula murrina bzw. murrhena) der Römer, die zuerst Pompejus aus dem Schatze des Mithridates nach Rom brachte (64 v. Chr.), wurden aus einer rot- und weißgefleckten Milchglasmasse hergestellt, deren Trübung auf einem Zusatze von phosphorsaurem

Kalk beruhte, der wahrscheinlich in Gestalt von Knochenmehl zugegeben wurde. Sie opalisierten lebhaft und wurden sehr teuer bezahlt. Kaiser Nero zahlte nach Plinius für einen murrinischen Trinkbecher 300 Talente (ungefähr 575 000 Mark). Den Römern stand also ein vorzügliches, in mannigfacher Weise gefärbtes Rohmaterial zur Verfügung, aus dem sie dann durch geschickte Bearbeitung Gegenstände herzustellen verstanden, die durch ihre technische Vollkommenheit und künstlerische Vollendung heute noch unsere höchste Bewunderung erregen. Als Hilfsmittel dienten ihnen die Glasbläserpfeife sowie die Glasbläserzange. Das Handwerkszeug war also dasselbe wie das unserer Tage, und da man Füße, Henkel usw. besonders anfügte,



Abb. 219. Römische Glasbläserei.
Topf aus einem Brandgrab mit verschiedenen durch Blasen hergestellten Glasgegenständen.
Provinzialmuseum Trier.

so hat sich die altrömische Technik der Glasbearbeitung von der heutigen wohl kaum in wesentlichen Punkten unterschieden.

Das Blasen des Glases geschah in Formen, die wie die unserigen auseinandergeklappt werden konnten, um den fertigen Glasgegenstand herauszunehmen. Zahlreiche altrömische Glaswaren zeigen noch die Formnaht, und zwar nicht nur Gefäße, sondern auch Tiergestalten u. dgl. Zu dieser allgemeinen Art des Arbeitens gesellen sich noch besondere Techniken, von denen vor allem die des Schlangenfadens zu erwähnen ist, bei der man alle möglichen Schnörkel, Schlangenlinien, Verzierungen in der Weise an den Gefäßen anbringt, daß man einen — oft gefärbten — Glasfaden in den entsprechenden Windungen darauf anschmilzt. Durch Aufschmelzen von Glasfäden wurden vielleicht auch die spätrömischen Diatreta-Gefäße hergestellt, die mit einem erhabenen Netze von Glasfäden überzogen sind. Die Fäden liegen jedoch nicht überall am Gefäß an, sondern nur an einzelnen Stellen.

Die Technik der Herstellung ist nicht bekannt: manche glauben, daß das Netzwerk aus dickem Glas ausgeschliffen wurde. Des weiteren werden farbige, manchmal aber auch farblose Glastropfen der verschiedensten Größe auf das Glasgefäß aufgetropft. Es entstehen so „Nuppen", die ja jetzt auch wieder bei uns modern geworden sind.



Abb. 220. Römische Glasflaschen. Geblasen und verziert. Provinzialmuseum Trier.

Einer besonderen Ausbildung erfreut sich in den römischen Glaswerkstätten die Glasschleiferei. Man begann zunächst einfachere Zierlinien in das Glas einzugravieren und ging später dazu über, größere Szenen auszuführen. Zur Anfertigung dieser Gravierungen dienten Schleifräder. Dann stellte man auch „Überfanggläser" her, indem man Glas mit einem andersfarbigen überzog. Schliff man dann die obenliegende Glasschicht aus, bis die tieferliegende zutage trat, so entstanden wundervolle Wirkungen, wie z. B. bei der berühmten Portlandvase des Britischen Museums, bei der ein blauer Grund mit einem weißen undurchsichtigen Glase von 5 mm Dicke überfangen ist, das dann in künstlerischer Weise ausgeschliffen ist.

Auf einige besondere, mit der Glastechnik in engem Zusammenhang stehende Fragen sei hier noch näher eingegangen. Zunächst auf die oft wiederholte Erzählung



Abb. 221. Römische Diatreta-Gefäße (Sammlung vom Rath). Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

von dem **unzerbrechlichen Glase**, das bei verschiedenen alten Schriftstellern eine Rolle spielt. Nach der Erzählung des **Plinius** (XXXVI 66) soll ein Mann zu Kaiser **Tiberius** gekommen sein und ihm ein biegsames Glas gezeigt haben. Der Kaiser ließ seine Werkstätte zerstören, damit durch dieses Glas der Wert der Metalle nicht herabgesetzt werde. **Petronius** berichtet in seinem „Gastmahl des Trimalchio“ gleichfalls von einem Kaiser, dem ein Mann ein Glasgefäß überreicht habe, das nicht zerbrach, wenn man es auf den Boden schleuderte. Der Kaiser ließ diesen Mann hinrichten, damit durch die Erfindung das Gold und Silber nicht entwertet werde. In derartiger Weise wiederholt sich die Erzählung noch öfter, ja sogar so oft, daß man schließlich an irgendeinen wahren Kern glauben muß. Trotz aller Erklärungsversuche, wie sie z.B. von v. **Lippmann**, **Rathgen** usw. entweder wiederholt oder gemacht werden, ist es uns nicht möglich, den Bericht vom hämmerbaren oder unzerbrechlichen Glas auf eine inzwischen bekannt gewordene antike Technik zurückzuführen.



Abb. 222. Römische Glasscheibe mit eingeschliffener Darstellung eines Wagenrennens im Zirkus. Provinzialmuseum Trier.

Eine weitere, mit dem Glas im Zusammenhang stehende Frage ist die, ob die alten Römer **gläserne Spiegel**, und ob sie **Brillen** gekannt haben. Die erste Frage ist unbedingt zu bejahen, wobei man sich gar nicht auf die Angabe des **Plinius** zu stützen braucht, der berichtet, daß zu Sidon die Erfindung gläserner und insbesondere schwarzer Spiegel gelungen sei. Man hat Bruchstücke gläserner Spiegel sowohl im römischen Lager der Saalburg wie an anderen Orten, z. B. bei Regensburg usw., gefunden. Sie wurden in der Weise hergestellt, daß man dem Glas als Unterlage dünne Blättchen von Gold, Silber, Kupfer oder Zinn anklebte, oder daß man solche Blättchen zwischen zwei Glasscheiben legte. Da man das Glas nicht schliff, so war es nicht sehr eben, und die Spiegel haben wohl verzerrte Bilder ergeben. In den römisch-gallischen Gräbern von Reims hat man aber auch Spiegel gefunden, die aus dem dritten oder vierten Jahrhundert n. Chr. stammen, und die nach einer wesentlich anderen Technik hergestellt sein dürften. Es handelt sich um uhrglasähnliche, also gebogene und runde Glasstückchen von 5 bzw. 3 cm Durchmesser, die mit Blei hintergossen waren. Man hat die Glaskalotte, die man vielleicht aus einem Glasballon herausschnitt, jedenfalls vorgewärmt, um das Zerspringen zu verhüten, und dann das Blei hineingegossen. Der Spiegel gab natürlich gleichfalls ein verzerrtes und verkleinertes Bild.

Brillen kannte man im Altertume nicht; man scheint überhaupt die Wirkungen von konkaven und konvexen Glaslinsen nicht beobachtet oder nicht ausgenützt zu haben. Der einzige aus dem Altertum stammende Bericht von der Verwendung einer



Abb. 223. Millefiorischale (römisch). Grün, weiße Blumen mit rotem Kelch. Berlin, Altes Museum. Antiquarium.

brillenartigen Vorrichtung rührt von Plinius her, der erzählt, daß sich der Kaiser Nero eines (geschliffenen) Smaragdes bedient habe, um die Gladiatorenkämpfe zu beobachten. Man hat daraus geschlossen, daß Kaiser Nero kurzsichtig war, und daß er eine Art von „Lorgnon" oder „Monokel" benutzte.

Gefundene „Linsen" (in den Ruinen von Tyrus, einem Grab zu Nola, Pompeji, Troja usw.) dienten als Zierstücke auf Ledergürteln u. dergl., nicht aber als Vergrößerungsgläser. Hingegen war den Griechen und Römern die vergrößernde Wirkung von „Schusterkugeln" bekannt.

Künstliche Edelsteine.

Ein besonderer Zweig der antiken Glasindustrie war die Herstellung künstlicher Edelsteine, die schon im alten Ägypten blühte. Wir finden im Grabschmuck altägyptischer Könige manchmal echte und künstliche, aus farbigen Glasflüssen bestehende Edelsteine beieinander. Man braucht deshalb noch nicht an eine absichtliche Fälschung zu denken. Da man damals noch nicht über die physikalischen und chemischen Verfahren verfügte, die später eine Unterscheidung natürlicher und künstlicher Steine ermöglichten, so wird man eben so manchen durch Zufall besonders schön gefärbten Glasfluß für einen Edelstein gehalten haben. Später wird allerdings die Herstellung künstlicher Edelsteine zu einer besonders geübten Kunst, für die zahlreiche Vorschriften existieren, deren z. B. der aus dem 3. Jahrhundert stammende

„Neue Stockholmer Papyrus" eine ganze Anzahl enthält, die allerdings von oft recht zweifelhaftem Wert erscheinen. Auch in Rom existierten, wie Seneca berichtet, ganze Fabriken für künstliche Edelsteine. Während man in Ägypten die falschen Edelsteine in der Weise herstellte, daß man Mineralien von blättriger oder poröser Beschaffenheit, vor allem den Pyrit und den Topas, mit farbigen Lösungen tränkte, die dann von ihnen aufgesaugt wurden, scheint man in Rom von der Eigenschaft des Bleis, dem Glas ein hohes Lichtbrechungsvermögen zu verleihen, ausgiebigen Gebrauch gemacht zu haben. Man stellte farbige Glasflüsse her, deren Färbung durch die oben bereits angeführten Zusätze bewirkt wurde, und setzte ihnen reichlich Blei oder Bleiverbindungen zu. Man erhielt dann einen Glasfluß, der zwei der hauptsächlichen Eigenschaften des echten Edelsteins, nämlich die schöne Farbe und das hohe Lichtbrechungsvermögen zeigte. Die Härte dieser künstlichen Edelsteine war ebenso wie die des heutigen, auf die gleiche Weise hergestellten „Strasses", freilich viel geringer als die des echten Steines, was sich jedoch mangels geeigneter Untersuchungsverfahren schwer nachweisen ließ. Wie wenig ausgebildet diese Untersuchungsverfahren waren, geht daraus hervor, daß Plinius über Härteprüfungen lediglich zu berichten weiß: „Der Diamant ritzt alle Edelsteine, echte und falsche". Im übrigen scheint man nach Untersuchungen von Rhousopoulos in Griechenland, und zwar schon in vormykenischer Zeit auch künstliche Perlen, und zwar durch Zusammenschmelzen von Kalk, Magnesia und Kieselsäure hergestellt zu haben, die man gleichfalls färbte. Die Fälschung kostbarer Naturprodukte scheint also eine schon sehr alte Technik zu sein.

Literatur zum Abschnitt: „Das Glas".

Anonymus, Das Glas im Altertum. Der Kenner. 1909. Nr. 15.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei den Griechen und Römern. Band 4. Leipzig 1887.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Flinders Petrie, The Royal tombs of the earliest Dynasties Part. II. London 1901.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museum Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.

Greef, Kritische Betrachtungen über Funde von Brillengläsern und Lupen aus dem frühen Altertum. Zeitschrift für ophthalmologische Optik. 1916. IV. S. 42.

Kisa, Das Glas im Altertume. Leipzig 1908.

— Die antiken Gläser der Frau Maria vom Rath geb. Stein zu Köln. Köln 1899.

— Die Erfindung des Glasblasens. Jahrb. für Altertumskunde, Band I, S. 1.

Klein, Aus oculistischer Vorzeit. Zentralzeitung für Optik und Mechanik. 1913. S. 135.

Kotelmann, Ist das künstliche Auge schon im Talmud erwähnt? Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1907, S. 243.

Lang, Antike gläserne Spiegel. Prometheus 1898, S. 286.

v. Lippmann, Chemische Papyri des 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.

— Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandl. und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

— Zur Geschichte des Glases im Altertum. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.

Meyer, Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Leipzig 1914.

Mittwoch, Ist das künstliche Auge schon im Talmud erwähnt? Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1907, S. 514.

Müller, Das künstliche Auge. Wiesbaden 1910.

Neuburger, Echte, falsche und künstliche Edelsteine. Vortrag in der Polytechnischen Gesellschaft zu Berlin. Welt der Technik. 1909. Heft 9.

Overbeck, Pompeji. Leipzig 1875.

Pergens, Über Kunstaugen aus dem alten Ägypten in technisch-chemischer Hinsicht. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig u Wien 1909.

Pettenkofer, Über einen antiken Glasfluß (Hämatinon) und über das Aventuringlas. Abhandlungen der naturwissenschaftlich-technischen Kommission bei der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften. 1. Bd. S. 124. München 1857.

Rathgen, Altes und Neues vom Glase. Vortrag, geh. in der Deutschen Gesellschaft für volkstümliche Naturkunde, Dezember 1911.

— Aus der ältesten Geschichte des Glases. Sprechsaal 1913, S. 98.

— Über Ton und Glas in alter und uralter Zeit. Vortrag, geh. auf der Hauptversammlung des Deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie, Februar 1913. Referiert in der Chemiker-Zeitung 1913, S. 441.

Rhousopoulos, Beitrag über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik 1909, S. 287.

Roters, Untersuchungen einiger antiker Gläser und Bronzen. Erlangen 1907.

Schäfer, Millefioriglas aus dem XIX. Jahrhundert v. Chr. Amtliche Berichte aus den königl. Museen. Berlin 29, S. 134.

Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschr. Die Kultur 1905, S. 474.

Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Wreszinski, Atlas zur ägyptischen Kulturgeschichte. Leipzig 1913.

Gespinste und Gewebe.

Allgemeines.

Um unser Wissen über die Textiltechnik des Altertums, also über die Herstellung der Gespinste und Gewebe, ist es merkwürdig bestellt: Wir lesen allüberall von den prächtigen Gewändern, die man damals anfertigte, aber nirgends fast finden sich klare Beschreibungen, wie man dabei vorging, welche Einrichtungen man dazu benutzte, wie man die Rohstoffe und die fertigen Gewebe behandelte usw. usw. Alles in allem muß die Textilindustrie wohl bei sämtlichen Völkern des Altertums in sehr hoher Blüte gestanden haben: Schon das Alte Testament beschreibt die kostbaren, mit großer Fertigkeit hergestellten und kunstvoll ausgeführten Behänge des Stiftszeltes. Homer erzählt uns von der Meisterschaft der griechischen Frauen im Spinnen und Weben: Helena weiß ihre Teilnahme an den Kämpfen zwischen Griechen und Trojern nicht besser zum Ausdrucke zu bringen, als daß sie sie auf ihrem Webstuhl in farbenreicher Darstellung wiedergibt. In Ägypten sowie bei den Völkern des Orients trug man prachtvolle Gewänder, die griechischen Vasen und die Wandgemälde Pompejis geben uns Kunde von kunstvoller Webearbeit. Aber trotz alledem bleiben uns die Geheimnisse der eigentlichen Technik ziemlich verborgen. Wir lernen aus allen Beschreibungen und Darstellungen nur ihre Produkte kennen. Immerhin ist es mühseliger Forschung gelungen, wenigstens mancherlei Einzelheiten aus der Textiltechnik des Altertums zu ermitteln, so daß wir doch schließlich einigen, wenn auch keinen lückenlosen Einblick in sie erhalten.

Die Seide.

Am genauesten sind wir noch über die Gewinnung und Verarbeitung der Seide unterrichtet, die jedoch erst ziemlich spät nach Europa kam. Das Heimatland der Seidenkultur ist China, wo sie schon vor dem Jahre 3000 v. Chr. heimisch war. Aus jener Zeit berichtet das geschichtliche Werk Tschu-king, daß Shin-nong, der Nachfolger des Kaisers Fohi, bestrebt war, die Kultur der Maulbeerbäume und die Zucht der Seidenraupe möglichst zu verbreiten, um das Gewerbe der Anfertigung von Angelschnüren zu fördern, die aus dem Darminhalt der Raupen gezogen wurden. Auch als Saiten für musikalische Instrumente dienten diese Fäden. Das eigentliche Abhaspeln der Kokongespinste, wie es auch heute noch üblich ist, soll durch die Kaiserin Si-lung-shi, die Gemahlin des Hoang-ti, nach anderen Angaben durch dessen Tochter Lui-tseu im Jahre 2698 v. Chr. eingeführt worden sein. Beim Beobachten einer Seidenraupe kam sie auf den Gedanken, das Gespinst in umgekehrter Weise wieder

abzuwickeln, wie es die Raupe aufgewickelt hatte, und es dann zu verweben. In dankbarer Erinnerung an diese für die chinesische Kultur so wichtige Erfindung wurde die Kaiserin in die Reihe der Gottheiten aufgenommen. Zwanzig Jahrhunderte lang blühte dann das Seidengewerbe ausschließlich in der Provinz Shantung, wo man Seide nicht nur herstellte, sondern auch färbte.

Die altchinesische Textiltechnik gewann und verarbeitete die Seide im ganzen und großen ebenso wie wir dies auch heute noch zu tun pflegen. Vor allem wurden die Kokons vor dem Ausschlüpfen der Schmetterlinge abgehaspelt, sehr im Gegensatz zu dem Verfahren bei den anderen Völkern Ostasiens, wo man später, als sich die Seidenindustrie von China aus dorthin verbreitet hatte, erst die Schmetterlinge ausschlüpfen ließ und dann den Seidenfaden vom Kokon abzupfte. Dadurch wurden die einzelnen Teile des verzwirnten Fadens natürlich kürzer und dieser infolgedessen weniger haltbar. Der Seidenfaden wurde nach dem Abhaspeln entschält, wozu man wahrscheinlich ein Gemisch von Pflanzenasche und Öl verwendete. Dann folgt das Färben. Die Seide wurde auf mancherlei Art verziert und zwar teils durch Maler, teils durch Einsticken, später aber auch durch Einweben aller möglichen Ornamente. Wie bei fast allen Völkern des Altertums, so webte man auch bei den Chinesen Goldfäden, ja sogar Vogelfedern in die Stoffe ein. Als eine ganz besondere Technik entwickelte sich die Herstellung einer Art von „Halbseide“, die dadurch gewonnen wurde, daß man die Kette des Gewebes aus Leinen anfertigte, in die dann seidene Schußfäden in der Weise eingewebt wurden, daß sie den Kettfaden verdeckten. Das Gewebe hatte dann das Aussehen reiner Seide.

Von China aus verbreitete sich etwa im 4. Jahrhundert unserer Zeitrechnung die Seidenindustrie nach Japan, nachdem sie schon vorher nach Indien übergegangen war. Allerdings hatten die Indier schon vorher ihre eigene Seidenindustrie, bei der, wie schon erwähnt, das Töten der Kokons, und zwar aus religiösen Gründen, unterblieb. Man ließ den Schmetterling ausschlüpfen und zupfte dann die Seide ab. Es entstand so eine Art von „wilder Seide“, ein minderwertiges Gespinst, das sich von der chinesischen Seide derart unterschied, daß man, als die chinesische Seide in Indien eingeführt wurde, dort tatsächlich keine Ahnung davon hatte, daß diese prachtvollen glänzenden Gewebe von demselben Tiere gewonnen sein könnten, von dem auch die indischen Seidenwaren stammten. Die Einführung der chinesischen Seide in Indien dürfte etwa im 3. Jahrhundert v. Chr. stattgehabt haben. Zu allen übrigen Völkern kam die Seide erst ziemlich spät, und wenn auch gewisse Stellen im Herodot, in der Bibel usw. usw. von Geweben handeln, unter denen man Seide vermutet, so ist derartigen Annahmen immer entgegenzuhalten, daß an allen diesen Stellen immer nur das äußere Aussehen dieser Gewebe beschrieben wird, ohne daß auch nur eine einzige Angabe vorliegt, die einen Rückschluß auf ihre chemische oder physikalische Beschaffenheit zuließe.

Es hat sich auch nicht feststellen lassen, wann die Seide nach Europa kam. Wenn auch unter der Kriegsbeute Alexanders des Großen aus dem persischen Kriege (331 v. Chr.) seidene Stoffe erwähnt werden, so läßt es sich hier gleichfalls nicht sagen, ob es sich wirklich um Seide gehandelt hat. Zuverlässiger erscheinen die Angaben des Plinius und des Aristoteles, die erwähnen, daß die zuerst auftauchenden chinesischen Seidengewebe aufgetrennt wurden, und daß man die so gewonnenen Fäden spaltete, um ihre Zahl zu vermehren. Dann wurden sie zu feineren, beinahe durchsichtigen Geweben versponnen. Es ist dies ein Beweis für die große Kostbarkeit der damaligen Seide, die zur Zeit des Caligula so teuer war wie Gold. Das Kilo Purpurseide ko-

stete damals ungefähr 4125 Mark. Zur Zeit der Perserkriege, wo es an Rohmaterial mangelte, stieg der Preis für das Kilo Seide auf 14 000 Mark, der der Purpurseide sogar auf das Vierfache.

Die sonstigen Rohstoffe und ihre Gewinnung.

Sehen wir von der Seide ab, über deren erstes Auftauchen und Bearbeitung bei den einzelnen Völkern des Altertums wir also sehr wenig wissen, so ergibt sich über die in der Textilindustrie verwendeten Gewebe ungefähr folgendes Bild: Alle im alten Ägypten und Babylon gebräuchlichen Gespinste und Gewebe bestanden lediglich aus Leinen, Baumwolle, Wolle sowie aus Byssus oder „Muschelseide", die aus einer Flußmuschel gewonnen wurde (s. unten). Die Baumwolle tritt zuerst um das Jahr 500 in Oberägypten auf und scheint aus Persien eingeführt worden zu sein. Auch die Assyrer und Babylonier bedienten sich neben der Wolle der Baumwolle. Außerdem verwendete man die Haare gewisser Ziegenarten; bei vielen orientalischen Völkern wurden daraus Gespinste hergestellt. In Indien entstand auf diese Weise die Industrie der Kaschmirschals schon sehr früh. Auch Jute wurde in Indien gebaut.

Die Griechen und Römer kannten vermutlich zunächst nur den Flachs, zu dem sich bald die Schafwolle hinzugesellte. Manche Forscher (Blümner) halten allerdings die Wolle für das ältere Material. Im 5. Jahrhundert v. Chr. wurde ihnen die Baumwolle bekannt. Außerdem wurde schon vor der echten Seide die „Bombykia", wahrscheinlich eine wilde Seide, aus Kos eingeführt. Sie dürfte der wilden indischen Seide geglichen haben und rührte von dem wilden Seidenspinner Bombyx Otus her. Aus ihr wurden die berühmten, meist mit Purpur gefärbten und von den vornehmen Römerinnen getragenen koischen Gewänder hergestellt. Unverbürgten Nachrichten zufolge (siehe oben) soll dann am Ende des ersten oder am Beginn des 2. Jahrhunderts v. Chr. noch die chinesische Seide hinzugekommen sein. Jedenfalls berichtet Tacitus (Annal. II 33) von dem Luxus, der mit den als Kriegsbeute nach Rom gekommenen Seidengeweben getrieben wurde. Die Germanen bauten hauptsächlich Flachs. Außerdem kleideten sie sich in Tierfelle, und Tacitus (Kap. 17) berichtet, daß die Weiber häufig leinene mit Purpurstreifen verzierte Gewänder getragen hätten. Im übrigen sind, wie nochmals betont sei, alle alten Schriftsteller in bezug auf die Textilindustrie wohl im allgemeinen ziemlich unzuverlässig. Die Begriffe für die einzelnen Stoffe werden verwechselt und auch nicht immer richtig übersetzt. So hat sich z. B. nicht feststellen lassen, ob den Juden die Seide bekannt war. Das im 2. Buch Mose vorkommende Wort „Schesch", das Luther mit „Seide" übersetzte, war nach den Untersuchungen von Forster (De bysso antiquorum, S. 8) wohl nur feine Leinwand. Im übrigen scheint auch die Bezeichnung „Byssos" bald Muschelseide, bald Baumwolle bedeutet zu haben.[1] Welches Durcheinander in bezug auf die Bezeichnungen herrschte, dafür als Beispiel nur das folgende: Herodot (lib. III) behauptet, daß die Bombykia von der Wolle eines wilden Baums in Indien herstamme, Theophrast hält die Seide für das Erzeugnis einer Pflanze, Strabo (lib. XV) gibt an, daß sie von der roten Rinde eines Baumes herstamme, Servius verwechselt die Seide mit der Wolle, Plinius (XI 22) erzählt, daß auf der Insel Kos die vom Regen abgeschlagenen Blüten der Zypresse in Seidenwürmer verwandelt

[1] Über die Bedeutung von βύσσος siehe die ausführlichen Angaben in Pauly, Real-Encyklopädie der klassischen Altertumswissenschaft, Stuttgart 1899. Bd. III, Spalte 1108—1114.

würden; Claudius berichtet noch im 4. Jahrhundert n. Chr. von einem feinen, aus den Baumblättern hervorkommenden Wollgewächs usw. usw. Die Textilindustrie der Alten stellt somit, wenigstens soweit es sich um die Literatur handelt, ein für den Forscher auf dem Gebiete der Technik ziemlich unentwirrbares Rätsel dar. Hierzu kommt, daß die Technik der Verarbeitung dieser mannigfachen Rohstoffe nirgends beschrieben ist, wohl aus dem Grunde, weil sie allgemein im Hause ausgeübt wurde, und weil die alten Schriftsteller deshalb die Einzelheiten als bekannt voraussetzten. Sie erzählten daher lieber von anderen, interessanteren Dingen.

Soweit sich überhaupt Feststellungen machen lassen und Vermutungen gerechtfertigt sind, und soweit uns Funde vorliegen, ergibt sich bezüglich der technischen Verarbeitung des Rohmaterials folgendes:

Die Wolle wurde zunächst meist wohl nicht durch Scheren der Tiere, sondern durch Ausreißen gewonnen, ein Verfahren, das teilweise noch zu Plinius' Zeiten bestand (Plinius VII 191)). Erst später hat man, und zwar wahrscheinlich zuerst bei den Römern, die Schere benutzt, die sich dann von hier aus weiter verbreitete. Sie hatte die Form unserer heutigen zum Schafscheren benutzten Scheren, nur war sie größer und plumper. Die Wolle wurden dann gewaschen (s. unten), getrocknet, geschlagen, um noch anhaftende Verunreinigungen zu entfernen, und dann zerrupft, was jedenfalls mit der Hand geschah, gekämmt (gekrempelt). Es entstand jenes Produkt, das wir heute als „Kammzug" bezeichnen. Dieses wird dann versponnen und verwebt, nachdem es unter Umständen schon vorher gefärbt wurde.

Der Flachs, der in Ägypten schon um das Jahr 2500 v. Chr. in großen Mengen angebaut wurde, und der noch vorher im Orient verarbeitet wurde, diente zur Herstellung der Leinewand, die in Ägypten ein allgemein gebrauchter Stoff war, während sie in Griechenland zu Homers Zeiten nur von den Vornehmen getragen wurde. Auch in Rom war sie erst eine Bekleidung der Reichen, bis sie sich später allgemein verbreitete. Die Angabe des Tacitus (Kap. 17), daß sich bei den alten Germanen das Weib häufiger als der Mann in leinene Gewänder kleidete, läßt darauf schließen, daß auch hier die Leinewand kostbarer war als das Tierfell. Außer dem Flachse wird in späterer Zeit auch Hanf gebaut, doch bleibt er seltener als der Flachs.

Die Verarbeitung des Flachses geschah, wie uns die Ausgrabungen bei fast allen Völkern des Altertums sowie der Bericht des Plinius (XIX 16—18) erkennen lassen, in einer Weise, die der heute noch üblichen ähnelt. Die Stengel wurden jedoch nicht, wie jetzt, abgeschnitten, sondern ausgerupft. Dabei kam noch alles mögliche Unkraut mit dazwischen, das man nicht besonders sorgfältig aussortiert zu haben scheint, wenigstens fand Hübner bei der mikroskopischen Untersuchung von zwei aus der 12. Dynastie (ungefähr 2500 v. Chr.) stammenden Mumien, daß der Stoff ausschließlich aus Leinen bestand. Dazwischen aber zeigten sich Fasern von Chinagras, Nesseln und sonstigen Pflanzen, die zwischen dem Flachs gewachsen waren. Die Stengel wurden dann, mit Gewichten beschwert, mehrere Wochen lang in Wasser geweicht, wodurch die Faser vom Stengel abgelöst wurde (sogen. „Rösten" des Flachses). Dann folgt Trocknen in der Sonne, Dörren auf heißen Steinen und Klopfen mit Holzkeulen. Zum Brechen des Flachses scheint man Holz verwendet zu haben, das mit schrägstehenden Leisten versehen war. Auf diese Weise erhielt man die Flachsfasern, die dann gekämmt wurden. Nachdem durch das Kämmen („Hecheln") die vom Holze gelösten Fasern parallel gelegt und die zu kurzen Fasern („Werg") ausgeschieden waren, konnte das Spinnen beginnen. Die gewebte Leinwand wurde — eine Art von Walken — mit Stöcken geschlagen.

Über die Verarbeitung der Baumwolle wissen wir eigentlich gar nichts. Sie scheint aus verschiedenen Pflanzen gewonnen worden zu sein; wenigstens spricht Strabo von Stoffen, die aus einer in Ägypten vorkommenden Nuß hergestellt wurden, deren Inhalt sich zum Verspinnen und Weben eignete. Es kann sich hier also nur um Baumwolle handeln. Daß solche verwendet wurde, dafür sprechen außer verschiedenen Funden auch noch weitere Angaben einzelner Schriftsteller, die wir oben bereits anführten, und aus denen hervorzugehen scheint, daß angebliche „Seide" aus der Rinde von Bäumen gewonnen wurde. Wahrscheinlich handelt es sich hier gleichfalls um die Gewinnung von Baumwolle. Herodot unterscheidet genau zwischen Leinen und Baumwolle. Er erzählt (III 37) von dem Panzerhemd des Königs Amasis von Ägypten: „Dasselbe ist von Linnen und sind viele Bilder hineingewebt und ist geschmückt mit Gold und Baumwolle".

Das Verspinnen.

Die auf die eben geschilderte Art gewonnene Faser, ganz gleich ob sie aus Wolle, Flachs, Hanf oder Baumwolle bestand, wurde dann versponnen,



Abb. 224. Ägyptischer Roden (aus Stroh von Durra-Hirse). Länge 26,5 cm. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 225. Ägyptische Spindel mit aufgestecktem Wirtel. Aus einem Grabe. Meidum. Holz; Länge 0.157 m. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 226. Römische Spindel mit Wirtel. Fundort Mainz. Altertumsmuseum der Stadt Mainz.

um den zum Weben geeigneten Faden zu gewinnen. Das Spinnen dürfte nun bei allen Völkern des Altertums nach dem gleichen Verfahren erfolgt sein, wenigstens lassen Funde und bildliche Darstellungen darauf schließen. Allüberall findet sich — und zwar bei allen Völkern — der zum Spinnen

dienende Wirtel, eine mit einem runden Loche versehene und oft verzierte Scheibe, die aus den verschiedenartigsten Materialien hergestellt ist. Bald ist sie aus Knochen angefertigt, bald aus Stein, bald aus Glas, bald aus verschiedenen Metallen. Der Gebrauch des Wirtels ist uralt, er findet sich bei den alten Völkern Asiens sowohl wie bei den Ägyptern und unter den trojanischen Ausgrabungen Schliemanns. Das Spinnen und Weben, also wichtige Zweige der Textiltechnik des Altertums, sind ausichließlich Hausarbeit und, mit wohl seltenen Ausnahmen, Sache der Frau. Vielfach wird der von ihr bei Lebzeiten gebrauchte Spinnwirtel mit in das Grab gelegt. Das Spinnen geschah in ungefähr derselben Weise, wie wir es auch heute noch im Süden Italiens, in Griechenland und in anderen Ländern des Mittelmeeres beobachten können. Die zu verspinnende gekämmte Faser wurde auf einen meist aus Rohr hergestellten Rocken aufgesteckt, den die Frauen zu Hause neben sich aufstellten. Gingen sie aus, oder plauderten sie während des Spinnens vor den Türen, so nahmen sie einen Rocken, den sie in den Gürtel stecken konnten. Dann wurde der Wirtel auf die Spindel gesteckt. Diese ist ein runder Holz-, Metall- oder knöcherner Stab von 25—35 cm Länge. Da Holz verfault, haben sich fast nur Wirtel, aber wenige Spindeln aus Metall oder Bein erhalten. Wir kennen sie jedoch aus bildlichen Darstellungen. Ferner sind Metallspindeln bekannt. Die Holzspindel trägt oben eine Einkerbung, die Metallspindel meist ein Häckchen. Die Spinnerin zieht etwas von dem Rohmaterial vom Rocken ab und klemmt es in den Einschnitt der Spindel, oder befestigt es bei Metallspindeln am Haken. Dann dreht sie mit geschickter Handbewegung die Spindel, der der aufgesteckte Wirtel die nötige Schwere verleiht, um die Drehung infolge des Beharrungsvermögens zu einer länger dauernden zu machen, und wirft sie in die Luft. Am Faden hängend, dreht sich die Spindel weiter, dabei den Faden selbst verzwirnend. Sobald der Faden lang genug ist, tanzt die Spindel auf dem Boden auf den Fliesen des Hauses, wo sie sich während der ganzen Dauer des Spinnens lustig weiterdreht. Der fertige Faden wird auf die Spindel aufgewickelt (s. auch Catull 64 311, wo das Verfahren in Versen beschrieben ist). Das ganze Verfahren ist heute noch unverändert in manchen Gegenden Unteritaliens, z. B. in der Umgebung von Neapel, in Gebrauch.



Abb. 227. Spinnen auf dem Schenkel. Attische Vase aus dem 5. Jahrh. Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

Nicht immer wird das Spinnen in dieser fast allgemein gebräuchlichen Weise ausgeübt. Es gibt auch Abarten. So läßt uns ein griechisches Vasenbild auf einer attischen Vase aus dem 5. Jahrh. v. Chr., die sich im Berliner Museum befindet, erkennen, daß man den Kammzug oder das übrige Rohmaterial manchmal auch einfach in die

linke Hand nahm und es auf Schenkel und Unterarm auflegte. (Abb. 227.) Das nackte rechte Bein wurde dann durch Aufstützen des Fußes auf ein Holzgestell festgestemmt. Die rechte Hand zieht den Faden heraus und walkt ihn durch Reiben und Drehen auf dem Beine glatt. Der fertige Faden fällt in einen Arbeitskorb. Vielleicht diente dieses Verfahren auch nur dazu, ein gröberes „Vorgarn" herzustellen, das dann auf den Rocken aufgesteckt wurde, um zum „Feingarn" versponnen zu werden. Anstatt des Schenkels wird zum Walken des Fadens in Griechenland auch oft ein besonderes Gefäß, eine Tonröhre benutzt, die man über den Oberschenkel stülpte, der über den Oberschenkel des anderen Beines gelegt wurde. Diese, die Gestalt eines vorne durch eine Platte geschlossenen Halbzylinders von 24—30 cm Länge zeigende Röhre, „Epinetron" oder „Onos" genannt, ist oft sehr hübsch mit Malereien geschmückt (Abb. 208). Nach dem Spinnen erfolgt die Weiterverarbeitung des Fadens, der oft noch eine Vorbehandlung vorangeht, die verschiedener Art sein kann. So verstärkt man den Faden durch Zusammendrehen mehrerer Einzelfäden. Herodot (III 47) erzählt uns von dem schon erwähnten Panzerhemd des Amasis: „Was es aber bewunderungswürdig macht, das ist jeder einzelne Faden; nämlich die Fäden sind gar nicht grob, und doch besteht jeder wieder aus dreihundertsechzig Fäden, die kann man alle unterscheiden". Ferner verspann man in die Fäden Goldfäden, verstanden doch die Goldarbeiter des Altertums, dieses Metall zu sehr dünnen Drähten auszuziehen. Man erhielt dann golddurchwirkte Gewänder (Herodot IX 80). Auch Asbestfäden scheinen den gewöhnlichen Fäden zugesetzt worden sein, um feuersichere Gewänder zu erhalten, sofern man den Asbest, den man aus Germanien und Britannien bezog, nicht überhaupt in reinem Zustande verwendete.



Abb. 228. Onos. Athen, Nationalmuseum.

Die Verarbeitung des Fadens.

Die weitere Verarbeitung des Fadens geschah dann durch Flechten oder Stricken, ferner durch Knüpfen und Sticken sowie durch Weben. Die erstgenannten Arten der Arbeit bedürfen keiner weiteren Erläuterung. Hingegen erregt die Weberei besonderes Interesse; wurden doch, wie wir wissen, durch diese Art der Technik die herrlichsten Teppiche — soweit man sie nicht knüpfte, — ferner prachtvolle, mannigfach durchwirkte Gewänder sowie der ganze Bedarf des Haushaltes an Geweben der verschiedensten Art geschaffen. Auch das Weben ist Frauenarbeit und Hausarbeit und geschah mit Hilfe eines Webstuhls, der mehr als primitiv genannt werden muß. Zwar sind uns die aus Holz hergestellten Webstühle nicht mehr erhalten geblieben, doch kennen wir sie aus Abbildungen auf Vasen, wie z. B. auf einer solchen, die aus dem 5. Jahrhundert v. Chr. stammt und in Theben ausgegraben wurde. Sie befindet sich im Britischen Museum zu London (Abb. 231 S. 176). Der Webstuhl des Altertums besteht — und zwar wahrscheinlich bei allen Völkern — aus zwei senkrechten Holzpfeilern,

die zunächst wohl einfach in die Erde gesteckt, später aber auf einer Querleiste befestigt wurden. Oben werden sie gleichfalls durch eine Querleiste verbunden, an die man die Kettfäden anknüpft. Damit sie straff gespannt bleiben, wird an jeden einzelnen

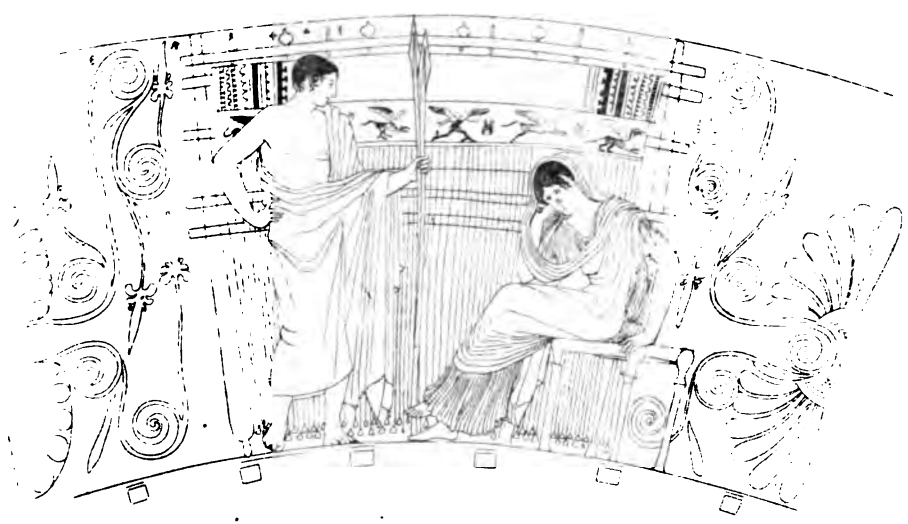


Abb. 229. Der Webstuhl der Penelope. (Griechisches Vasenbild aus Chiusi.)
Die Fäden sind mit je einem Zettelstrecker beschwert; die verschiedene Höhe dieser Zettelstrecker läßt erkennen, daß die Hälfte der Fäden hinter den Querhölzern herabhängt. Die Lage der Querhölzer zu den Fäden ist nicht deutlich erkennbar. Bucher (III, 337) nimmt an, daß der Garnbaum zugleich als Zeugbaum diente und daß von unten nach oben gewebt wurde. Oben fertiges Gewebe. Auf dem obersten Querbalken, wie Verf. vermutet, leere und mit Garn vollgewickelte Schiffchen. Die Figuren im fertigen Gewebe sind, wie Blümner wohl mit Recht annimmt, gestickt, da sie sich mit diesem Webstuhl durch Weben nicht herstellen lassen.

Kettfaden unten ein Tonkügelchen oder auch ein solches aus Metall angeknüpft (Webergewicht, Zettelstrecker). Manchmal hat man vielleicht auch an mehrere solcher



Abb. 230.
Ägyptischer Webstuhl.
Wandgemälde in Beni Hassan.
Die Spannung der Kette wird hier nicht durch Zettelstrecker, sondern durch einen wagerechten Balken bewirkt. Unten rechts und links je ein durch den Fuß zu betätigendes Gabelende, durch dessen wechselweises Niedertreten die Fachbildung erfolgt. In den Händen der Weberinnen das Webeschwert. Unten fertiges Gewebe: es wird also von unten nach oben gewebt.



Abb. 231. Altgriechischer Webstuhl.
Vasenbild aus Theben 5. Jahrh. v. Chr.
British Museum, London.

Fäden ein derartiges Kügelchen oder einen Stein angebunden und sie dadurch unten vereinigt. Webstühle, bei denen von unten nach oben gewebt wurde (s. unten),

haben statt der Steine einen Balken. (Abb. 230.) In der Mitte des Webstuhls befanden sich zwei Balken, die dazu dienten, die Kettfäden in eine vordere und hintere Reihe zu trennen, so daß sich die einzelnen Reihen bald vor, bald hinter dem Schußfaden hindurchzogen. Natürlich mußte nach jedem Durchziehen des Schußfadens gewechselt werden. Die Abbildung auf der erwähnten Vase (Abb. 231) läßt links deutlich eine Aussparung (oder etwas Ähnliches) in dem einen senkrechten Balken erkennen, wodurch vielleicht das Wechseln ermöglicht wurde. Wie es stattgefunden haben dürfte, ist allerdings nicht klar. Die Vermutung ist vielleicht nicht ungerechtfertigt, daß man die Stäbe einfach von der Seite her einschob und herauszog und so den Wechsel hervorbrachte. Vielleicht verfuhr man, ehe man Wechselvorrichtungen für die Kettfäden anbrachte, auch so, daß man die beiden Reihen einfach durch Befestigen an zwei Balken auseinanderhielt und daß man dann — etwas mühselig allerdings — mit dem Schiffchen oder mit der Spule um einen Faden nach dem anderen, und zwar einmal vorne und einmal hinten, herumfuhr. Das Schiffchen bestand ursprünglich wahrscheinlich aus einem Stabe, der unten und oben mit Einkerbungen versehen war, und auf den der Schußfaden aufgewickelt wurde. Daß statt seiner auch Spulen Verwendung fanden, auf die das Garn einfach aufgewickelt wurde, geht aus erhaltenen Vasenbildern hervor. Die Weberschiffchen späterer Zeit (siehe Abb. 232) ähneln den heutigen. Sie sind aus Holz oder Bein hergestellt, vorne spitz, hinten mit Handgriff versehen, ausgekehlt und besitzen zwei Öffnungen oder Schlitze zum Befestigen des Fadens. Das Schiffchen war nicht doppelseitig, d. h. mit zwei Spitzen versehen, also auf beiden Seiten gleich gestaltet, so daß es nicht einfach hin und her geworfen werden konnte; es mußte jedesmal gedreht werden, so daß die Spitze in der Wurfrichtung stand. Der durchgezogene Schußfaden wurde dann mit einem flachen Holzscheit kräftig in den von den Kettfäden gebildeten Winkel hineingeschlagen, um dem Gewebe die nötige Festigkeit zu geben.

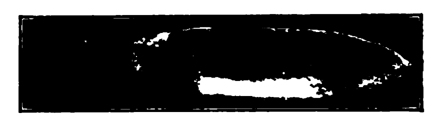


Abb. 232. Römisches Weberschiff aus Bein. Fundort Mainz. Altertumsmuseum der Stadt Mainz.

Zum Hineinschlagen bediente man sich erst wohl stets nur dieses einfachen Scheites, des „Weberschwertes" (*σπάϑη*, spatha) (Abb. 233 Mitte), das man

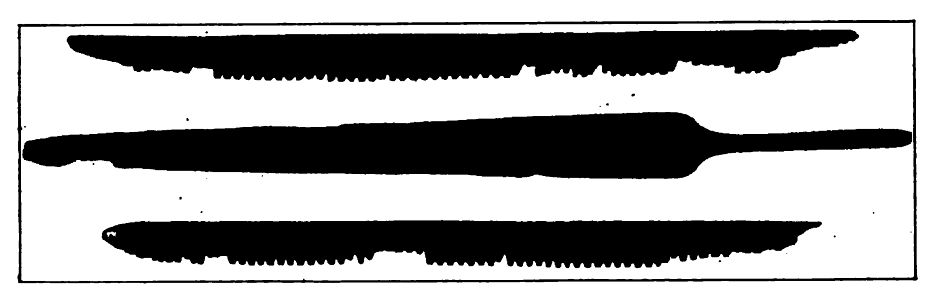


Abb. 233. Ägyptisches Weberschwert (in der Mitte) und zwei Weberkämme aus Holz. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

dann mit Zähnen versah, so daß es zum Weberkamm (*κτείς*, pecten) wurde. Der Weberkamm wurde schon von den Ägyptern gebraucht und zwar entweder in wirklich kammartiger Form (Abb. 233 oben und unten), oder in der eines

Rostes (Abb. 234). Die Kämme ersterer Art sind aus Holz hergestellt, die Ansatzfläche der Zähne ist in den Lücken abgeschrägt, um den Schlag gegen die Kette zu mildern und eine Zerstörung der Fäden zu verhüten. Der rostförmige Kamm

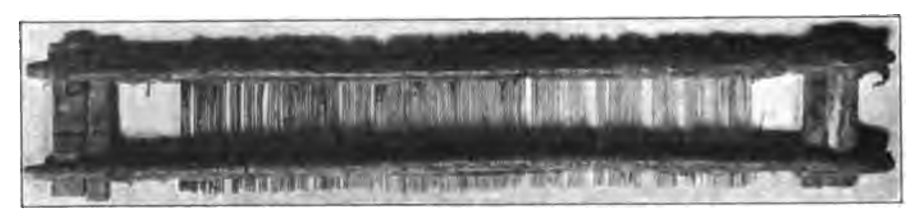


Abb. 234. Rostartiger Weberkamm (in Ägypten gebraucht, byzantinischer Herkunft). Länge 0,63 m, Breite 0,11 m. — Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

(Abb. 234), der wahrscheinlich byzantinischer Herkunft ist, besteht aus einem mit Leder überzogenen Rahmen, die Zähne aus dünnen flachen Holzstäbchen.

Bei großen Geweben dürfte anstatt des obersten Querbalkens eine Rolle am Webstuhl angebracht worden sein, auf die man das fertige Stück aufrollte. Ob man vielleicht an den ersten, dritten, fünften usw. usw. Faden Schnüre anband, um sie zwecks Durchführung des Weberschiffchens zu heben, also, wie der technische Ausdruck lautet, ein „Fach“ zu bilden, ist zwar nach einer Stelle im Homer (Ilias XXIII 760 ff.)[1]) wahrscheinlich, mit Sicherheit jedoch ebensowenig bekannt wie vieles andere aus der antiken Textiltechnik, bei der wir, wie eingangs schon erwähnt, zum größten Teil auf Vermutungen angewiesen sind. Gewebt wurde, je nach der Konstruktion des Webstuhls, im Stehen oder im Sitzen bzw. Hocken und entweder von oben nach unten oder von unten nach oben. (Herodot II 35: „Die Männer sitzen daheim und weben; es weben aber andere Leute also, daß sie den Schußfaden von oben einschlagen, die Ägypter aber von unten“.) Als Gewebe ergab sich bei den einfachen Webstühlen des Altertums die sogenannte „Leinwandbindung“, die infolge des regelmäßigen Über- und Untereinanderweglaufens der Fäden ein schachbrettartiges Muster darstellt. In Ägypten wurden dabei, wie erhaltene Reste zeigen, Gewebe erhalten, die so fein sind, wie unser heutiges feinstes Schleiergewebe.



Abb. 235. Stickerin mit Stickrahmen.

Das unter Abb. 229 erwähnte Sticken dürfte sich in bezug auf die Art seiner Ausführung kaum von dem heutigen Verfahren unterschieden haben. Daß dabei auch der Stickrahmen Verwendung fand, geht aus verschiedenen erhaltenen Darstellungen (Abb. 235) hervor.

Die Reinigung der Gewebe.

An den Webeprozeß schloß sich dann der Reinigungsprozeß an, der insbesondere überall da notwendig war, wo die gewebten Stoffe später gefärbt werden soll-

[1]) Die vielumstrittene Stelle ist nach Blümner folgendermaßen zu übersetzen; „Der Rohrstab bleibt der Brust der Weberin nahe, wenn sie ihn zieht, um die Spule hindurch zu ziehen.“

ten. Zum Reinigen der Stoffe diente zunächst einmal das Seifenkraut, von dem Dioscorides ausdrücklich erzählt, daß man es zum Waschen der Stoffe und Kleider verwendet. Von den verschiedenen Arten des Seifenkrautes dürfte man wahrscheinlich — und zwar sowohl bei den orientalischen Völkern wie auch bei den Griechen und Römern — Gypsophilla struthium verwendet haben, deren Wurzel heute noch im Orient zum Waschen der Schals dient und unter dem Namen „Seifenwurzel" zu uns ausgeführt wird. Auf ihre Anwendung bei den Völkern des Mittelmeeres läßt der Umstand schließen, daß Plinius sie unter dem Namen „Struthion" anführt und berichtet, sie diene zum Entfetten der Wolle. In Indien benutzte man die Wurzel und zerquetschten Früchte verschiedener Arten von Rorak oder Seifenbaum (Sapindus emarginata, maduriensis, saponarius senegalensis). Auch der Urin, der von den Wäschern oder Walkern, den „Fullonen" der Römer, in Kübeln gesammelt wurde, die zur gefälligen Benutzung an den Straßenecken aufgestellt waren, diente, nachdem er gefault war, als Reinigungsmittel, das infolge seines Gehaltes an Ammoniak entfettend und daher auch reinigend wirkte. Die reinigende Wirkung wurde dadurch noch erhöht, daß durch das Ammoniak eine teilweise Verseifung des Fettes, also eine Bildung von Seife, eintrat.

Von anorganischen Körpern, die zum Reinigen der Stoffe dienten, ist die rohe Pottasche zu erwähnen, die man durch Auslaugen verschiedener Pflanzenaschen erhielt. Ebenso benutzte man auch die als Verdunstungsrückstand verschiedener ägyptischer Seen natürlich vorkommende Soda, die in der Bibel als „Neter" bezeichnet wird.

Die Reinigung der Stoffe wurde dadurch zu einer vollkommeneren gemacht, daß man mit der chemischen Behandlung durch Seifenwurzel, Pottasche usw. usw. eine mechanische verband. Diese mechanische Behandlung war zunächst eine sehr einfache. Aus ägyptischen Darstellungen geht hervor, daß man die Stoffe auf eine schiefe Unterlage legte, die mit ihrem unteren Ende manchmal in das Waschgefäß eintauchte, und daß man sie dann mit scheinbar ziemlich schweren Steinen schlug. Die Wandmalereien von Civita sowie die Ausgrabungen von Pompeji lassen uns aber erkennen, daß bei den Römern der Arbeiter in einem weiten mit der Reinigungslauge gefüllten Gefäße stand und die darin liegenden Stoffe teils mit den Füßen trat, teils mit den Händen durchwalkte. Da die Indier auch heute noch die mechanische Reinigung der Stoffe durch Schlagen mit Steinen und hölzernen Hämmern vornehmen, so kann man wohl annehmen, daß es auch in alten Zeiten nicht anders gewesen sein dürfte.

Das Färben der Gewebe.

Nach der chemischen und mechanischen Reinigung folgte das Färben. Es wurde entweder schon am Garn oder — vielleicht seltener — am fertigen Stoffe vorgenommen. Die Färberei geschah entweder direkt dadurch, daß man die Stoffe in die Farbstofflösung gab, oder nach dem Verfahren der sogenannten „Beizenfärberei", die Plinius (XXXV 150), und zwar in der Weise, wie sie bei den Ägyptern ausgeübt wurde, eingehend beschreibt, wobei er sich übrigens, wie nebenbei bemerkt sei, auf Herodot stützt, der das Verfahren aus eigener Anschauung kannte und deshalb hier wohl als zuverlässig gelten kann. Plinius berichtet: „In Ägypten werden die Kleider nach einem merkwürdigen Verfahren gefärbt. Zuerst werden sie gereinigt, sodann getränkt, nicht mit Farbe, sondern mit mehreren farbaufsaugenden Substanzen; diese Sub-

stanzen kommen zunächst auf den Stoffen nicht zum Vorschein, aber wenn letztere in den Färbebottich getaucht werden, so kann man sie nach kurzer Zeit vollständig gefärbt herausnehmen. Und was das Wunderbarste ist, obschon der Bottich nur einerlei Farbe enthielt, so ist doch der Stoff plötzlich in verschiedenen Farben gefärbt, je nach der Natur der angewandten Substanzen. Und diese Farben können nicht nur durch Waschen nicht mehr entfernt werden, sondern die so gefärbten Stoffe sind noch haltbarer geworden". Im übrigen aber war die Verwendung von Beizen zur Färberei auch sonst bekannt. So wird z. B. bei der Purpurfärberei eine Alaunbeize verwendet, ferner scheint man den Weinstein zur Fixierung des Farbstoffs auf der Faser benutzt zu haben. Auch Farblacke dürften Verwendung gefunden haben; hat man doch in den Titusthermen rote Farben aufgefunden, die sich bei der Untersuchung durch den englischen Chemiker Davy als Tonerde-Krapplacke erwiesen.

(Über die zum Färben verwendeten Farben siehe den Abschnitt: Farbstoffe, wo, soweit dies nötig erscheint, auch noch nähere Angaben über die Herstellung der Farbflotten gemacht werden.)

Walken und Herstellung von Tuchen.

Die vorstehend beschriebene Entwicklung der Herstellung von Gespinsten und Geweben war wohl lange Zeit die vorherrschende und allgemein gebräuchliche. Später (wann ist unbekannt) erfuhr die Textiltechnik insofern eine Erweiterung, als das Walken der Webstoffe aufkam, das von einem gewissen Nikias in Megara erfunden worden sein soll. Das Walken hat den Zweck, die verhältnismäßig losen Fasern der Gewebe fest miteinander zu vereinigen, so daß aus diesen Geweben dann Tuche entstehen. Der beim Walken sich abspielende Vorgang ist der des „Verfilzens". Durch ihn wird das Gewebe in Tuch umgewandelt. Wie oben bereits mehrfach erwähnt, wurden die Gewebe zuweilen geschlagen, sowie auch mit den Füßen getreten und mit den Händen durchgewalkt. Man muß sich den Vorgang nun so vorstellen, daß sich das Waschen und das Walken eigentlich nur durch die Länge der aufgewendeten Zeit und die Größe der zur Anwendung gebrachten Kraft unterschieden. Sollte man nur waschen, so arbeitete man kürzere Zeit und mit weniger Kraft; beim Walken wurde unter stärkerem Kraftaufwand so lange fortgefahren, bis der Zweck, die Herbeiführung einer Verfilzung, erreicht war. Die Vorrichtungen dürften für beide Zwecke ziemlich ähnliche gewesen sein; sie bestanden aus Trögen oder Gruben, die in der Nähe fließenden Wassers gelegen waren. Der Stoff wurde in der schon beim Waschen beschriebenen Weise unter Zusatz von Soda (νίτρον lat. nitrum, das seines ähnlichen Aussehens wegen im Altertum oft mit Salpeter verwechselt wird) oder von gefaultem Urin oder auch von tonigen Stoffen, die sich leicht mit dem Fett verbanden, mit den Füßen getreten. Es gab sogar eine sogenannte

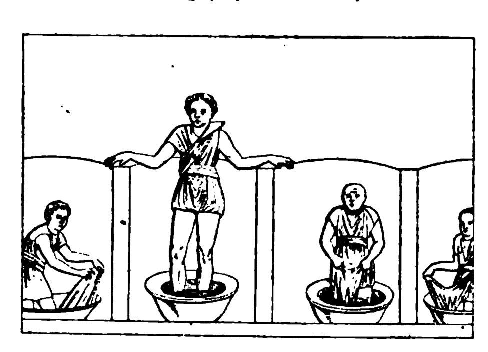


Abb. 236. Das Walken der Stoffe. Wandgemälde aus der „Fullonica" in Pompeji.

„Walkererde", die von der Insel Kimolos bezogen wurde. Auch von Samos und von anderen Orten wurde solche Erde nach Griechenland und Rom gebracht. Das Verfahren und auch die Mittel dürften bei den meisten Völkern des Altertums die gleichen gewesen sein: War der Stoff genügend durchgewalkt, so folgte, wobei wir den Ausführungen Blümners folgen, das Auswaschen und das Schlagen, durch das die Verfilzung eine vollständige wurde. Wie jetzt auch noch, so wurde der nunmehr verfilzte Stoff an der Oberfläche aufgerauht, wozu man Disteln benutzte, die man in geeignete mit Handgriffen versehene Vorrichtungen einspannte (Abb. 237

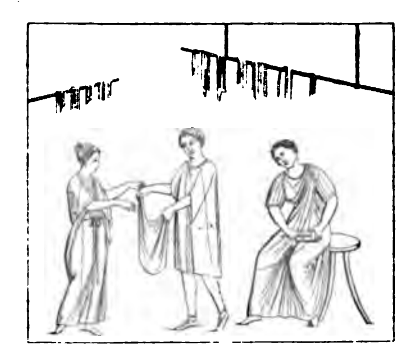


Abb. 237. Zum Trocknen aufgehängte Tücher und Einspannen oder Reinigen der zum Aufrauhen dienenden Disteln usw. (unten rechts).
Wandgemälde aus der Fullonica in Pompeji.

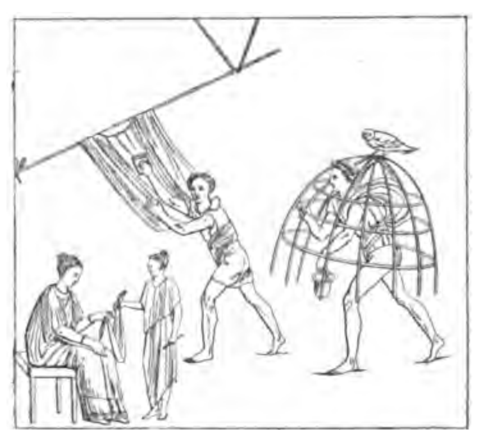


Abb. 238. Das Kratzen der Stoffe.
Der Mann rechts trägt ein zum Schwefeln (s. Seite 182) der Stoffe dienendes Gestell und ein Henkelgefäß, in dem vielleicht der dabei verwendete Schwefel entzündet wurde. Darauf eine wohl als Haustier gehaltene und vom Maler mit verewigte Eule.
Wandgemälde aus der Fullonica in Pompeji.

u. 238), ein Verfahren, das ja auch heute noch angewendet wird. Die Disteln heißen in der Textilindustrie jetzt „Rauhkarden". Mit diesen eingespannten Disteln fuhr man an den aufgehängten oder aufgespannten Tüchern auf und nieder (Abb 238). Auch die Stacheln des Igels wurden zu dem gleichen Zwecke benutzt, vielleicht auch metallene mit scharfen Zähnen versehene Kämme oder Bürsten. Die hierbei abgekratzten Wollfasern wurden sorgfältig gesammelt und waren ein beliebtes Material zum Ausstopfen von Ruhekissen.

Die aus den vorstehend beschriebenen einzelnen Verrichtungen sich zusammensetzende Herstellung der Tuche bildete ein insbesondere auch bei den Römern in großem Maßstabe ausgeübtes Gewerbe, dessen Umfang und Eigenart es notwendig machten, daß man die Gebäude seinen Zwecken anpaßte. So entstanden die Tuchwalkereien, z. T. nach Art unserer heutigen Fabriken in technischer Hinsicht besonders eingerichtete Gebäude. Die Tuchwalkerei (Fullonica) in Pompeji (Abb. 239 S. 182) besitzt an der Straße des Merkur vier Läden (1, 3, 5, 6) die, wie dies bei römischen Häusern meist der Fall war (siehe im Abschnitt „Bauwesen" S. 323), keinerlei Verbindung mit dem Hause hatten. Dagegen haben 1 und 3 je ein Hinterzimmer 2 und 4. Die Hinterzimmer von 5 und 6 waren im 1. Stock. 8 ist der Hausflur, 7 wohl eine Art Pförtnerzimmer, 10 das Atrium, in dessen Mitte sich ein von Säulen getragener Schuppen befand., an dessen Vorderseite bei b ein Brunnen sprudelte. Am Pfeiler a die z. T. hier wieder-

gegebenen Gemälde. Der Raum 14 war wohl der Trockenraum, während 22 und 23 die Werkstatt darstellen. In 22 wurden wahrscheinlich die gewaschenen Zeuge gekratzt, in 23 scheint die Presse (siehe unten) gestanden zu haben. An den vier Trögen 26 ist wohl die Färberei zu erkennen; die beiden äußeren Tröge standen höher als die beiden mittleren gleich hohen miteinander verbundenen, in die deshalb die Flüssigkeit aus den äußeren ablief. Die Tröge sind verschieden tief, der erste 1,15 m, der letzte 0,5 m. 28 ist ein Wasserbecken, das wohl zum Nachspülen der gewalkten Stoffe diente. Im Raume 27, der in sechs Zellen geteilt war, die auch auf Abb. 236 deutlich zu erkennen sind, wurden die Tuche durch darauf herumtreten gewalkt. Zimmer 30, in dem eine Wanne und ein Steintisch sowie große Mengen Seife (?)[1]) gefunden wurden, war der Waschraum, in dem die Stoffe auf dem Steintisch mit einem Schlagholz geschlagen wurden. Die übrigen Räume sind Privaträume. Unter ihnen ist hauptsächlich Raum 19 zu erwähnen, der eine Bäckerei enthielt.

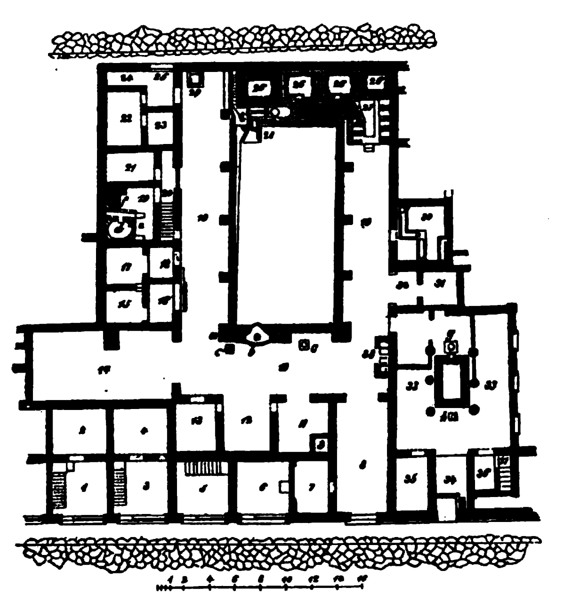


Abb. 239. Plan der Fullonica in Pompeji.

Bleichen und Pressen.

Der nunmehr eigentlich fertige Stoff war trotz der gründlichen Behandlung, die man ihm hatte angedeihen lassen, immer noch nicht von jener blendenden Weiße, die man wünschte, und die bei manchen Völkern für gewisse Gewänder, wie z. B. die der Priester, vorgeschrieben war. Man ließ deshalb bei weißen Tüchern und vielleicht auch bei manchen echt gefärbten einen Bleichprozeß folgen. Die Rasenbleiche war im Altertum unbekannt; das Bleichen wurde durch Schwefeln vorgenommen. Dazu diente ein einem runden Vogelkäfig oder der Krinoline seligen Angedenkens ähnliches Rohrgestell, das man auf den Boden aufsetzte. (Abb. 238.) Man breitete die Tücher darüber, so daß es vollkommen bedeckt war, und schob dann eine Pfanne oder einen Topf mit angezündetem Schwefel darunter. Bei derartig primitiven Vorrichtungen konnte der Bleichprozeß natürlich nicht gleichmäßig verlaufen, es mußten immer einzelne dunklere Stellen bleiben. Um sie zu verdecken, und um dem Gewebe das im Altertume so beliebte blendendweiße Aussehen zu geben, rieb man es dann

[1]) Die Ausgrabung der 1825 entdeckten Fullonica erfolgte 1826. Es läßt sich deshalb nicht mehr feststellen, ob die gefundene Masse wirklich Seife war. Wahrscheinlich ist dies nach dem bei der Seife Gesagten (siehe Seite 119) nicht.

mit bestimmten weißen Erdarten sowie auch mit Gips ein. Hatte man den Bleichprozeß an echtfarbigen Stoffen vorgenommen, so wurden wahrscheinlich entsprechend gefärbte Erdarten wie Ocker u. dgl. zum Einreiben benützt. Nun folgte noch eine

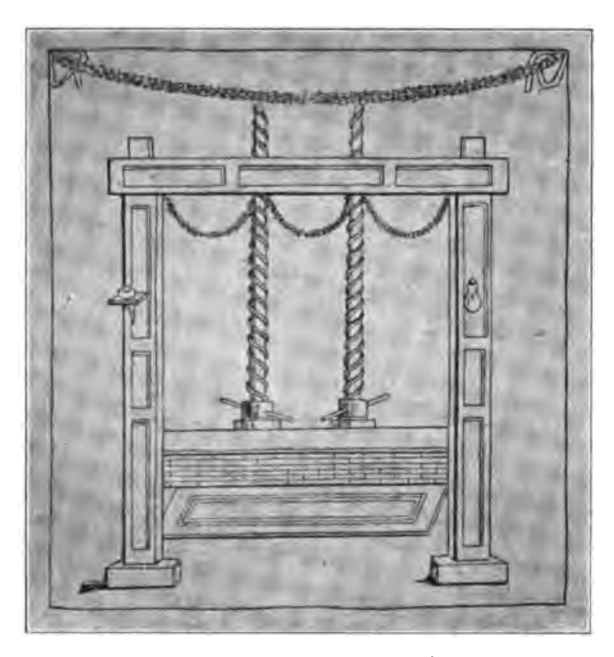


Abb. 240. Tuchpresse.
Wandgemälde aus der Fullonica in Pompeji.

Nachbehandlung, die im Bürsten und wahrscheinlich auch im Scheren bestand, um die Oberfläche gleichartiger zu machen. Endlich wurden die Tücher noch gepreßt, nachdem man sie vorher durch Einspritzen befeuchtet hatte. Zum Pressen diente, wie uns ein weiteres der in der großen Walkerei von Pompeji aufgedeckten Wandgemälde zeigt, eine Presse, deren beide Schraubengänge merkwürdigerweise im entgegengesetzten Sinne ausgebildet sind. (Abb. 240.)

Verarbeitung der Stoffe.

Über die Weiterverarbeitung der Stoffe zu Gewändern ist nicht viel zu sagen. Man stellte die Tuchstücke und Gewebe gleich in der richtigen Größe her, so daß sie ohne weiteres getragen werden konnten. Abb. 241—244 zeigen eine Anzahl griechischer und römischer Gewänder, aus denen sich erkennen läßt, daß die hergestellten Zeugstücke oft eine beträchtliche Größe aufwiesen, so daß ihre Behandlung beim Walken, Bleichen und Färben große Erfahrung und Geschicklichkeit erforderte, wenn man einigermaßen gute Ergebnisse und insbesondere Gleichartigkeit in Bezug auf Dichte, Farbe usw. erzielen wollte. Daß diese Gleichartigkeit nicht immer erreicht werden konnte, wurde oben schon erwähnt. Zur Fertigstellung der Ge-

wänder waren dann vielfach noch verschiedene Näharbeiten erforderlich, so z. B. die Herstellung eines Umschlages, das Aufnähen von Purpur- und sonstigen Streifen auf die Tunika der Würdenträger, insbesondere der Senatoren und des Adels, die Anbringung der vielfach beliebten Borten usw. usw. Hierzu, sowie zum Flicken, dienten



Abb. 241. Griechische Gewänder. Tanagrafiguren. Berlin, Altes Museum, Antiquarium.



Abb. 242. Römische Gewänder. Relief: Rückkehr von der Hasenjagd. Provinzialmuseum Trier.

Nadeln, die aus den verschiedensten Materialien, wie Elfenbein, Knochen, Bronze, Eisen, Edelmetall usw. usw., angefertigt waren. Wie bei uns, so gebrauchte man auch damals schon Fingerhüte und Scheren.

Während man jetzt die alten Kleider, nachdem sie vollkommen unbrauchbar geworden sind, vertrennt und aus den so gewonnenen Tuchstücken Kunstwolle



Abb. 243. Römische Gewänder. Pachtzahlung. Provinzialmuseum Trier.

(Shoddy und Mungo) anfertigt, aus der dann die zur Herstellung billigerer Kleiderstoffe dienenden „Kunststoffe" gewonnen werden, kannte man im Altertum ein derartiges Verfahren nicht. Aber auch hier gab es eine Technik, die sich speziell die Ver-

wertung der Tuchfetzen angelegen sein ließ. In besonderen Werkstätten stellte man daraus durch Zusammennähen alle möglichen Gebrauchsgegenstände her:



Abb. 244. Römische Gewänder. Grabcippus mit Abschiedsszene. Provinzialmuseum Trier.

Decken, die zur Ausrüstung der Soldaten dienten, ferner Löschtücher zum Bedecken brennender Gegenstände, Vorhänge für Innenräume und Verkaufsläden, billigere Kleider usw. usw.

Filze, Seilerei, Flechtarbeiten.

Der Vorgang des Verfilzens wurde außer zur Anfertigung von Tuchen auch zu der von eigentlichen Filzen benutzt. Der Filz wurde wohl hauptsächlich aus Ziegenhaar gewonnen, doch dürfte man auch die Haare von Hasen, Kamelen, Schafen usw. usw.

verwendet haben. Er diente als Kopfbedeckung, ferner zur Herstellung von Schuhen, Pferdedecken u. dgl. Auf welche Weise seine Anfertigung geschah, ist nicht bekannt, ebensowenig wie man weiß, durch welche Vorrichtungen der fertige Filz in die Form von Kopfbedeckungen usw. gepreßt wurde. Daß der mit Essig bereitete Filz sogar dem Eisen widerstand, wie Plinius (VIII 192) schreibt, dürfte wohl eine Übertreibung sein.

Als ein besonderer Zweig der Textiltechnik muß die Seilerei betrachtet werden, bei der Pflanzenfasern zunächst einen dem Verspinnen ähnlichen Vorgang unterzogen und dann miteinander verdreht wurden. Als Rohmaterial diente bei fast allen



Abb. 245. Ägyptische Flechtarbeiten aus Palmbast.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Völkern des Altertums außer dem Flachs auch noch der Hanf sowie bei den Römern das Espartogras (Stipa tenacissima L.). Die Vorbereitung des Hanfes und Espartos glich im ganzen und großen der, wie sie schon beim Flachse beschrieben wurde. Durch

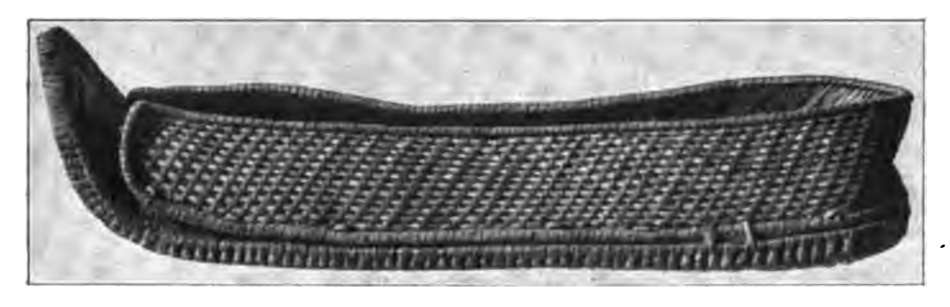


Abb. 246. Ägyptischer Kinderschuh.
Vollkommen geflochten (auch die Sohle). Palmbast. Fundort Theben.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Rösten, Trocknen, Klopfen usw. usw. erhielt man zuletzt die gewünschte Faser. Das Rohmaterial blieb jedoch nicht auf diese Stoffe allein beschränkt. Auch aus Stroh machte man Seile, ferner verwendete man in Ägypten und später auch in Rom und Griechenland Binsen, Schilfgras, Weiden, Papyrus, Palmbast, die teils zur Herstellung von Seilen, Netzen u. dgl. verwendet, teils aber auch, ebenso wie das

Rohr zu Körben, Stühlen, Matten, Hüten usw. usw. verflochten wurden. Auch die Anfertigung der Seile geschah teilweise durch einfaches Zusammenflechten, insbesondere gröberen Rohmaterials wie Stroh, Binsen usw. usw. Im übrigen aber dürfte — und zwar schon bei den Ägyptern, deren Wandgemälde uns davon Kunde geben — die



Abb. 247. Geflochtener Rohrstuhl (Relief). Provinzialmuseum Trier.

Herstellung der Seile in ganz ähnlicher Weise erfolgt sein wie bei uns. Man nahm entweder fertige Garnstränge, oder zupfte sie während des Seilens aus dem Gürtel oder einer rockenartigen Vorrichtung, die, wie die eben erwähnten Wandgemälde vermuten lassen, in der einen Hand gehalten wurde. Die andere Hand des wie bei uns rückwärts schreitenden Seilers führte das die Zusammendrehung bewirkende und jedenfalls mit entsprechenden Kerbungen versehene Holz, die „Seilerlehre". Ein Gestell mit

Haken zum Befestigen der Seilenden scheint nicht bekannt gewesen zu sein, es scheint vielmehr, daß ein Gehilfe den Strick oder seine Einzelteile am Ende mit den Händen festhielt. Abb. 248.) Wie bei uns, so bestand auch damals schon das gewöhnliche Seil

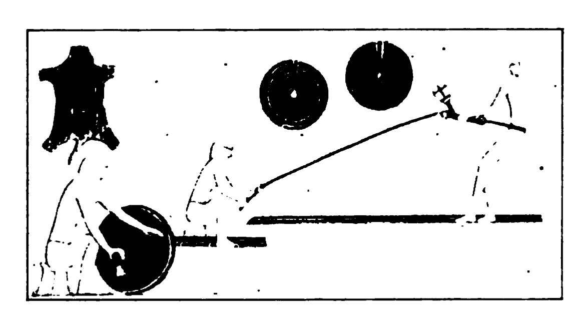


Abb. 248. Ägyptischer Seiler.
Oben aufgerollte Seile. Die Technik des Vorgangs läßt sich schwer deuten. Die im Text angegebene Deutung erscheint die am meisten wahrscheinliche.

aus drei Faden oder — bei stärkeren Seilen — aus einer Mehrzahl von Einzelseilen und somit aus 9, 12, 15 usw. usw. Fäden. Starke Seile enthalten bis zu 45 Fäden und darüber. Daneben kommen aber auch Seile vor, deren Grundlage 4 Garnfäden bilden.

Literatur zum Abschnitt: „Gespinste und Gewebe".

Blümner, Technologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. 1. Bd. Leipzig und Berlin 1912.
Braulik, Altägyptische Gewebe. Stuttgart 1910.
Bucher, Geschichte der technischen Künste. Stuttgart 1893, Bd. III.
v. Cohausen, Das Spinnen und Weben bei den Alten. Annalen des Vereins für nassauische Altertumskunde und Geschichte 1879. S. 23.
Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.
Dépierre, Die Waschmaschinen. Wien 1884.
Fisch, Die Walker oder Leben und Treiben in altrömischen Wäschereien. Berlin 1891
Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.
Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museums Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.
Grempe, Wie die Seide nach Europa kam. Welt d. Technik 1911, S. 390.
Herodot, Geschichten. Leipzig. 2. Buch, 35, 81; 3. Buch, 47. 98; 4. Buch, 74; 7. Buch, 65; 9. Buch, 80.
Helbig, Wandgemälde der verschütteten Städte. Leipzig 1868.
Hübner, Untersuchung einiger altägyptischer Gewebe. Referat der Zeitschr. f. angew. Chem. 1909, S. 2107, nach Journal Soc. Dyers and Col. 1909, S. 223.
Jaeck, Industrie und Gewerbe im Altertum. Prometheus 1898, S. 434.
Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit. Stuttgart 1912.
Lepsius, Denkmäler aus Ägypten und Äthiopien. Berlin 1849—1860, Bd. II.
Mansch, Über Gobelinweberei. Welt der Technik 1905, S. 1.
Marquart-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.
Mau-Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.
Medicus, Kleines Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.
Pariset, Histoire de la Soie. Paris 1862.
Pauly, Realencyklopädie der klassischen Altertumswissenschaft. Stuttgart 1899, Bd. III, Spalte 1108—1114.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
— Troja. Leipzig 1884.
Silbermann, Die Seide, ihre Geschichte, Gewinnung und Verarbeitung. Dresden 1897.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878. Bd. I u. II.
Witt und Lehmann, Chemische Technologie der Gespinstfasern. Braunschweig 1910.
Woenig, Die Pflanzen im alten Ägypten. Leipzig 1897.
Yoshida, Entwicklung des Seidenhandels und der Seidenindustrie vom Altertum bis zum Ausgang des Mittelalters. Heidelberg 1895.

Die Farbstoffe.

Die Färberei gehört zweifellos zu den ältesten Techniken, denn schon die ältesten Überlieferungen (z. B. 1. Buch Moses 37, 23, 2. Buch Moses 26, 1 und 39, 1; aus späterer Zeit Esther 1, 6 usw. usw.) berichten von gefärbten Kleidern, die zum Teil ausführlich beschrieben werden. Allerdings kennt das Alte Testament nur drei Farbstoffe, den Purpur, den Kermes und den Krapp (Pinner). Da nun der Färberei unbedingt die Bereitung der Farbstoffe vorhergehen mußte, so dürfte auch dieser Zweig der chemischen Technik auf ein außerordentlich hohes Alter zurückblicken. In den ältesten ägyptischen Gräbern hat man gefärbte Stoffe gefunden. Die Phönizier waren berühmt wegen ihrer Färbekunst, und insbesondere in der Hauptstadt Tyrus wurden prachtvoll gefärbte Stoffe und Teppiche hergestellt, die als vielbegehrte Handelsprodukte in alle Welt verfrachtet wurden. Nach E. Curtius soll die Färbkunst mit dem Dienste der Aphrodite aus Phönizien nach Griechenland verpflanzt worden sein.

Der Purpur.

Die im Altertume verwendeten Farbstoffe waren im Anfange wohl ausschließlich organischer Natur, d. h. tierischen oder pflanzlichen Ursprungs. Mineralische Farbstoffe kamen jedenfalls erst später auf. Der berühmteste unter allen Farbstoffen des Altertums war der Purpur, der von den Phöniziern, und zwar in Tyrus erfunden worden sein soll. Die Sage berichtet, daß ein Hund eine am Meeresstrande liegende Purpurschnecke zerbiß und durch die herrliche tiefrote Farbe, die dann an seiner Schnauze klebte, eine Schäferin veranlaßte, den Saft dieser Schnecke zum Färben ihres Gewandes zu benutzen. Jahrhundertelang haben die Phönizier das Geheimnis der Purpurfärberei auf das sorgfältigste zu hüten verstanden. Aus dem Handel mit Purpurstoffen floß ihnen ein beträchtlicher Reichtum zu. Der Purpur galt im Altertum als das Symbol des Reichtums und der Vornehmheit. In Rom stand nur den Senatoren das Recht zu, einen breiten Purpurstreifen, latus clavus, um den Ausschnitt ihrer Tunika zu tragen. Die Ritter hatten einen schmäleren Streifen, bei den höheren Staats- und städtischen Beamten war die Toga praetexta mit Purpur umsäumt. Nur der im Triumph einziehende Feldherr durfte sich in ein ganz mit Purpur gefärbtes und mit Gold gewirktes Gewand kleiden. Später, insbesondere unter Nero und dann unter Theodosius (401 n. Chr.), wurde durch Gesetze dafür gesorgt, daß lediglich die geheiligte Person des Kaisers vollkommen purpurne Gewänder tragen durfte, ein Recht, das später auch auf die hohen Kirchenfürsten überging, und dessen Reste wir jetzt noch in der Tracht der Kardinäle erkennen.

Trotzdem wir über die kultur- und sittengeschichtliche Bedeutung des Purpurs sowie auch über die hohen Preise für Purpurstoffe, die in Rom zur Zeit des Kaisers

Augustus für ein Kilogramm mit Purpur gefärbter Wolle aus Tyrus bis auf 1200 Mark stiegen, sehr genau unterrichtet sind, wußte man doch bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit nicht, wie denn eigentlich die Purpurfärbung aussah, noch wie die Technik ihrer Herstellung gehandhabt wurde. Durch neue und sehr sorgfältige Forschungen hat sich nun herausgestellt, daß es verschiedene Arten der Purpurfärbung gab, bei denen man je nach dem angewendeten Verfahren und den verwendeten Zusätzen verschiedene Farbabstufungen erhielt. Im allgemeinen war der Purpur um so teurer, je dunkler er war. Der dunkelste und teuerste Purpur, der mit dem eingekochten Saft der Schnecken ohne weitere Zusätze hergestellt wurde, und bei dem, um die nötige Dunkelheit zu erzeugen, jedenfalls eine Doppelfärbung (dibapha, δίβαφον) angewendet wurde, war so dunkel, daß bei der Betrachtung der damit gefärbten Stoffe das Gefühl für die Farbe gegenüber dem für die Dunkelheit vollkommen zurücktrat So erklären sich auch die Bezeichnungen des Homer, „purpurne Nacht", „purpurner Tod", usw. usw. Die Doppelfärbung erfolgte in der Weise, „daß der zu färbende Stoff zuerst in pelagium, d. h. in dem zubereiteten Safte der Purpurschnecke (πορφύρα, purpura), und zwar in dessen halbausgekochtem Zustande, darauf in buccinium, d. h. dem Safte der Trompetenschnecke (κῆρυξ, buccinum murex) gefärbt wurde." Hellere Färbungen erhielt man dann durch Verdünnen des Farbbads mit Wasser oder Urin sowie durch Zusatz anderer roter Farbstoffe, wie Orseille, Kermes usw. usw. Auf diese Weise entstanden dann violette bis rötliche Färbungen, für die man auch besondere Bezeichnungen (Hyazinthpurpur usw. usw.) hatte.

Aus Beschreibungen, die insbesondere Plinius gibt (IX 132; XXI 45), sowie durch die Schalen zerschlagener Muscheln, die wir an den Stätten antiker Purpurfärbereien finden, sind wir über die Natur der Purpurschnecken nunmehr genau unterrichtet. Für die Purpurfärberei kamen verschiedene Schneckenarten in Betracht, die von Plinius mit dem Sammelnamen „purpura" bezeichnet werden. Lieferanten des kostbaren Stoffs waren nicht nur die eigentliche Purpurschnecke, Purpura lapillus, sondern auch einige Arten der Gattung Murex. Jedes dieser Tiere lieferte eine besondere Art von Purpur. In Tyrus wurde vorzugsweise mit dem Safte der Schnecke Murex brandaris, in Sidon mit dem von Murex trunculus gefärbt. Die zweite Art wurde auch Amethystpurpur genannt. Die Schnecken wurden, wenn sie klein waren, samt den Schalen zerstampft, die größeren hingegen wurden getötet, zerschnitten, und dann holte man den Saft heraus. Nach dem Versetzen mit Salz ließ man ihn drei Tage stehen. Die Masse wurde dann mit Wasser gewaschen und in einem Bleikessel bei mäßiger, durch Dampf erzeugter Hitze zehn Tage lang eingekocht. Aus einer Menge von 8000 Pfund Saft erhielt man auf diese Weise ungefähr 500 Pfund Eindampfrückstand. Der sich bildende, jedenfalls aus Fleischfasern, Eiweißsubstanz usw. bestehende Schaum wurde abgeschöpft. Mit der klaren Flüssigkeit nahm man Färbe-

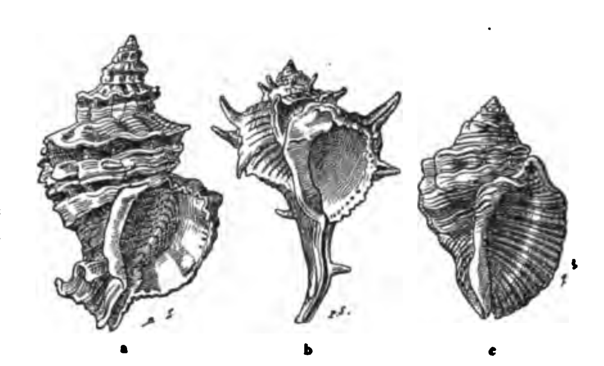


Abb. 249. Purpurschnecken.
a Murex trunculus; b Murex brandaris; c Purpura haemostoma.

proben vor. Fielen sie nicht günstig aus, so setzte man das Einkochen so lange fort, bis die notwendige Konzentration des Farbstoffs erreicht war. Später, und zwar seit dem 6. Jahrhundert n. Chr. ließ man die getöteten Schnecken noch sechs Monate lang liegen, wahrscheinlich um sie eintrocknen zu lassen. Dann nahm man die getrocknete Masse wieder in Wasser auf und verfuhr nun weiter, wie eben angegeben.

Der eigentliche Farbstoff der Purpurschnecken befindet sich nach den Mitteilungen der alten Schriftsteller hinter einem weißen, zwischen Leber und Hals befindlichen Häutchen. **Plinius** nennt dieses schon von **Aristoteles** beschriebene Organ „vena" (Ader) und behauptet, daß der Farbstoff darin in „unreifer Form" als weißlicher schleimiger Saft etwa in der Menge eines kleinen Tröpfchens enthalten ist. Nach der eben geschilderten Behandlung soll die Färbung beim Liegen an der Luft, besonders schön aber in der Sonne hervortreten. In dieser Wirkung der Sonne erblickte man früher ein besonderes Wunder und einen göttlichen Ursprung des Stoffes. Die hier geschilderten Beobachtungen sind ziemlich richtig. Auch neuere Untersuchungen haben bestätigt, daß die schleimige Flüssigkeit von einem Organ im Mantel der Schnecke ausgeschieden wird. Man nimmt einerseits das Vorhandensein eines Gärstoffes, der „Purpurase" in der Purpurdrüse der Schnecke und in ihrer Ausscheidung an. In dem schleimigen Saft ist sie noch mit anderen Stoffen, den „Purpurinen" in Berührung, die bei verschiedenen Purpurschnecken verschieden sind, während die Purpurase bei allen die gleiche ist. Durch die Wirkung der Purpurase auf die Purpurine erscheinen die verschiedenen Farben, deren z. B. murex trunculus zwei liefert: eine rotviolette und einen dunkelblaue. Der Saft ist beim Austreten noch farblos. Er wird dann gelb, später grün und schließlich purpurrot. Diese Umwandlung vollzieht sich, wie man heute annehmen kann, durch drei verschiedene Arten von Einflüssen, einen chemischen, nämlich die Wirkung der Purpurase auf die Purpurine; dann aber auch durch die Wärme, bei manchen Arten hingegen durch das Licht, also durch photochemische Einwirkungen. Die Umwandlung erfolgt unter der Entwicklung eines starken und äußerst unangenehmen Geruches, der schon in der ältesten Literatur erwähnt wird. So heißt es in einem altägyptischen Gedicht von ca. 11400 v. Chr. vom Purpurfärber: „Seine Hände stinken, sie haben den Geruch fauler Fische". **Plutarch** aber sagt in seinem **Perikles**: „Oft schätzen wir ein Werk und verachten seinen Schöpfer, wie z. B. bei Salben und Purpur: Wir freuen uns ihrer, aber die Färber- und Salbenköche halten wir für gemeine Banausen". Die Verachtung der Pupurfärber dürfte wohl mit dem Geruch in Zusammenhang gestanden haben, der ihnen anhaftete. Die endgültig entstandene Farbe ist unlöslich in Wasser und in so hohem Maße unveränderlich, daß sich schon aus dieser Eigenschaft allein ihr im Altertume so hoher Wert erklärt.

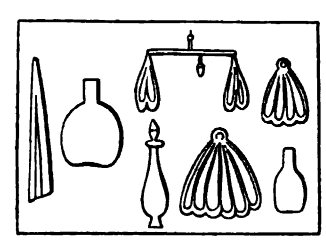


Abb. 250. Gerätschaften eines Purpurfärbers.

Römisches Grabrelief. Links Rührscheit zum Umrühren der Farbbrühe, verschieden geformte Flaschen, gefärbte Wollstränge (?) (**Blümner** hält sie für Muscheln, doch deutet die ganze Form auf Stränge, die oben über eine Stange gehängt werden, wie es die Färber beim Auswaschen zu tun pflegen), eine Wage zum Abwiegen der gefärbten Wolle.

Dieser Wert ergibt sich aber noch aus einem anderen Grunde: **Friedländer**, der eingehende Untersuchungen über den Purpurfarbstoff angestellt hat, erhielt aus 12 000 Stück Murex brandaris nur 1,5 Gramm Farbstoff. Angesichts dieser Tatsache darf es nicht wundernehmen, daß sich nach den Berechnungen Friedländers

der Preis von einem Kilo Purpurfarbstoff im Altertum auf 40000—50000 Mark stellte, und daß die alten Purpurfärbereien ungeheure Mengen von Purpurschnecken verbrauchten. Am Strande von Saida, wo sich eine solche Färberei befand, bedecken die Reste von Murex trunculus das Gestade in einer Höhe von mehreren Metern und bei einer Breite von 25 m auf eine Länge von Hunderten von Metern.

Die in neuerer Zeit vorgenommene eingehende Untersuchung des Purpurfarbstoffes durch Friedländer zeigte, daß er ein bromhaltiger Abkömmling des Indigos und zwar 6-6-Dibromindigo von der chemischen Formel

CO CO
4 5 6 7 C=C
Br NH NH Br

ist, also ein Körper, den man schon länger kennt, und der zuerst von R. Sachs auf synthetischem Wege, d. h. durch chemischen Aufbau aus seinen Grundstoffen erhalten worden ist. Heute ließe sich dieser Farbstoff vielleicht zum Preise von 40—50 Mark pro Kilo von chemischen Fabriken synthetisch herstellen. Es wird aber niemand mehr einfallen, diesen antiken Purpur zu fabrizieren, da der für die Begriffe der Alten so prächtige Farbstoff, dessen Nuance ein trübes, rotstichiges und für unsere verwöhnten Augen keinen sonderlichen Eindruck mehr machendes Violett ist, in viel schönerer Pracht und in derselben Echtheit durch weit billigere Kunstprodukte unserer chemischen Industrie, vor allem durch verschiedene Thioindigoderivate, ersetzt werden kann. Die neuesten Forschungen über den Indigo haben uns also um eine Illusion ärmer gemacht.

Sonstige Organische Farbstoffe.

Als weitere organische Farbstoffe des Altertums, wie sie insbesondere zur Stofffärberei verwendet wurden, kommen die folgenden in Betracht, die wir teils aus den Angaben des Plinius, teils aus dem Stockholmer und Leydener Papyrus, teils aus anderen Beschreibungen, zum Teil aber auch aus Analysen altägyptischer (Hübner) und sonstiger Gewebe kennen: (nach Blümner, Hübner, v. Lippmann usw.).

Für Rot benutzte man hauptsächlich den Kermes oder die Scharlachbeere (Plinius IX 141; XV 8), eine der Cochenille ähnliche, auf Eichenlaub lebende Schildlaus. Der Name „Kermes" bzw. „Alkermes" kam erst im Mittelalter auf, im Altertume nannte man die Scharlachbeere „coccum" (bei den Griechen κόκκος). Sie diente zur Scharlachfärberei. Als weitere rote Farbe wurde die Färberöte oder der Krapp benutzt (Plinius IXX 4, XXIV 11) der unter dem Namen „rubia", ἐρυθρόδανον viel verwendet wurde und ebenso wie Kermes und Orseille als Zusatz zum Purpur Verwendung fand. Ein weiterer roter Farbstoff war die Anchusa, die aus der Wurzel des Ochsenzungenkrauts gewonnen wurde. Heute ist sie unter dem Namen „Alkanna" bekannt. Sie diente nicht nur zum Färben von Gewändern, sondern auch als rote Schminke (Plinius XXII 20). Unter Hyacinthus (Plinius XXI 26), der „Purpurblume", ist wohl eine Malvenart zu verstehen, die gleichfalls als unechter Purpur Verwendung fand. Auch die Heidelbeere („vaccinium") diente zum Färben, namentlich in Gallien und besonders von Sklavenkleidern (Plinius XIII 77), die damit wohl schmutzig (schwärzlich) rot wurden.

Gelb färbte man in der Hauptsache mit Safran, und zwar schon von alters her. Binden von ägyptischen Mumien aus der 12. Dynastie, also von etwa 2500 v. Chr., waren mit dem ägyptischen Safflor (Carthamus tinctorius) gefärbt (Hübner). In Rom verwendete man neben anderen Safflorarten auch „Genista", den Färbeginster (Plinius XVI 18), der ein schönes und vor allem echtes Gelb ergibt. Der Safran selbst wurde nicht selten mit Bleiglätte verfälscht (Dioscorides, Mat. med. I 25). Auch der Wau, „lutum", war ein in der römischen Färberei gebrauchter rotgelber Farbstoff. Ein weiterer gelber Farbstoff war die Wurzel des Lotosbaumes (Plinius XVI 124).

Zur Herstellung brauner Farben diente der Elsterbeerbaum (Lotos medicago arborea), von dem die Rinde und die Wurzel Verwendung fanden (Plinius XXVI 30). Ferner nahm man die Rinde und die grüne Fruchtschale des Nußbaumes.

Blaue Farben standen in reicher Auswahl zur Verfügung: Zunächst der Waid, „glastrum" oder „vitrum" (ἰσατις). Es scheint, daß man ihn gären ließ, daß man also eine „Küpe" ansetzte. Erzählt doch Plinius (XXXV 46) von zwei Arten „indicum", von denen das eine „einen purpurfarbigen Schaum bilde, der in den Färbekesseln obenauf schwimme, abgeschöpft und von den Künstlern getrocknet werde". Ob hier nun wirklicher Indigo vorlag, oder ob ein anderer Farbstoff gemeint war, läßt sich vom technischen Standpunkte aus nicht mit Sicherheit sagen. So viel scheint festzustehen, daß die Alten nicht verstanden, den Indigo in Lösung zu bringen, denn er scheint lediglich als Malerfarbe, nicht aber zum Färben der Stoffe verwendet worden zu sein.

Eine weitere blaue Farbe war der Lackmus, der in frischem Zustande auch zur Rotfärberei diente und nach Theophrast (h. pl. IV 6, 5) sogar schöner gewesen sein soll als Purpur. Der Lackmus (Orseille) behielt aber beim Waschen mit alkalischen Stoffen seine rötliche Farbe nicht, da diese nur bei Vorhandensein von Säuren bestehen kann. Die Farbe schlug in Blau um. Ob man hiervon mit Bewußtsein Gebrauch machte, ist zweifelhaft. Der Stockholmer Papyrus gibt eine ganze Anzahl von Vorschriften, um die Rosenfarbe des Orseillefarbstoffs und auch der Alkannafarben dauerhafter und fester zu machen. Als solche Mittel werden empfohlen die Anwendung von Schafhaaren, Zwiebelsaft, Abkochungen aus Bilsenkraut, solche von den Blättern des Zitronenbaumes usw. usw. Der Lackmus (fucus marinus) kam in verschiedener Güte zur Anwendung: manche Arten schätzte man höher, manche weniger. Besonders geschätzt waren die aus Kreta (Plinius XXVI 10, XXXII 6, XIII 136).

Die hauptsächlichste schwarze Farbe dürfte aus Eichenrinde bereitet worden sein (Plinius XIII 15).

Außer den vorstehend angeführten, am meisten gebrauchten Farbstoffen gab es noch eine ganze Anzahl weiterer, seltener erwähnter und daher auch wohl nur in besonderen Fällen gebrauchter, deren Natur sich obendrein nicht immer mit Sicherheit ermitteln läßt.

Anorganische Farbstoffe und Malerfarben.

Während die organischen Farbstoffe, wie schon hervorgehoben, hauptsächlich zu Gespinst- und Stofffärberei Verwendung fanden, wurden die anorganischen als Glasur und als Malerfarben verwendet. Soweit sie als Glasurfarben sowie zum

Färben des Glases dienten, ist über sie in den Abschnitten über Keramik und die Glasindustrie schon das Nötige gesagt. Es seien deshalb nachstehend hauptsächlich die Malerfarben betrachtet.

Die Geschichtschreiber des Altertums erzählen, daß die alten Maler lange Zeit hindurch nur vier Farben gekannt und angewendet hätten, nämlich nur Weiß, Gelb, Rot und Schwarz. Diese Angabe erscheint wenig glaubhaft, denn außer den verschiedenen organischen Farbstoffen standen ja auch noch anorganische ohne weiteres zur Verfügung, die sich fertig gebildet in der Natur vorfanden, und die man nur zu pulvern und zu verwenden brauchte. Es sei daran erinnert, daß gerade die in der eben erwähnten Skala fehlenden so wichtigen Farben Blau und Grün schon in alter Zeit in Form der Kupfererze Malachit und Kupferlasur bekannt gewesen sein dürften. Die Freude an der Farbe und Malerei zeigt sich bei allen Völkern des Altertums. Besonders die Ägypter bemalten seit uralten Zeiten die Wände und Säulen ihrer Gebäude Tempel und Paläste ebenso wie die Särge der Mumien, wobei sieben Farben zur Verwendung kamen, und zwar:

Schwarz (Kopfhaar und Bart usw.),
Weiß (Eisen, Wasser, Berge usw.),
Blau (Eisen, Wasser, Berge usw.),
Gelb (Sand- und Kalkstein, rohes Holz, der Löwe usw.),
Grün (das Krokodil usw.),
Zinnoberrot (die Sonnenscheibe usw.),
Braunrot (Pferde, Hase, Antilopen usw.; Baumstämme, die Iris und die Tränensäckchen in den Augen; Granit usw.).

Die am häufigsten angewandte Farbe war von braunroter Tönung, welche dem sogenannten „pompejianischen Rot" entspricht. Ihrer chemischen Zusammensetzung nach war sie ein Gemisch von Eisenoxyd, welches aus den Roteisenlagern Ägyptens gewonnen wurde, mit Ton. Das Korn dieser Farbe ist ein so feines, daß man fast versucht sein könnte, anzunehmen, sie sei durch Ausfällen aus Lösungen hergestellt worden. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß das Eisenoxyd durch lange fortgesetztes Zerreiben unter Wasser und Abschlämmen in die brauchbare Form gebracht wurde. Als gelbe Farbe wurde außer Goldbronze und Blattgold ebenfalls Eisenoxyd angewendet, dem durch Zusatz wechselnder Mengen von Tonerde, Kalk usw. verschiedene Abstufungen verliehen wurden. Durch Erhitzen stellte man daraus braune und durch Mischen mit Rot die orangefarbenen Tönungen her. Die blauen Farben bestanden aus Glasflüssen, in denen Kupfersalze aufgelöst waren. Die Feinheit des Korns läßt es als wahrscheinlich erscheinen, daß die noch heißen Glasflüsse in kaltes Wasser gegossen wurden, und daß die so erhaltene spröde, von unzähligen feinen Rissen durchzogene Masse hierauf gepulvert und geschlämmt wurde. Da diese Glasmasse wohl schwer an dem zu bemalenden Untergrunde gehaftet haben dürfte, so wurde bei ihrer Anwendung wahrscheinlich Gummi oder ein anderes Bindemittel zugesetzt. Als weiße Farbe diente Gips, der gleichzeitig auch nach Färbung mit einer organischen Substanz als blaßrote Farbe angewendet wurde. Aus welchem Material diese organische Substanz gewonnen wurde, läßt sich nur vermuten, doch ist anzunehmen, daß sie Krapp war, den die Ägypter aus der Krappwurzel darzustellen verstanden.

Interessant ist es, zu erfahren, daß sich die alten ägyptischen Baumeister der Beständigkeit und Unvergänglichkeit ihrer Farben wohl bewußt waren. So findet sich auf einem der Werke des Pyramidenerbauers Neh-Fermad (4000 v. Chr.) eine Inschrift, welche über die Herstellungsweise der von ihm angewandten Farben Auf-

schlüsse gibt und die Worte enthält: „Farbenschmuck für die Tempel muß so ewig wie die Götter selbst sein".

Reichhaltiger als bei den Ägyptern war die Palette der Maler bei den Griechen. Bereits 2000 v. Chr. hatte man im allgemeinen dieselben Farben wie bei den Ägyptern, hierzu aber auch noch mangan- und quecksilberhaltige Farben. Im 6. Jahrhundert v. Chr. taucht der Zinnober auf. Nach den Untersuchungen von Rhousopoulos ergibt sich schon 2000 v. Chr. eine reiche Mannigfaltigkeit allein in bezug auf das Blau. Eine Vase aus jener Zeit enthielt einen blauen Farbstoff, der aus Kupfer, Eisen, Kieselsäure und Kohlensäure zusammengesetzt war, also vielleicht ein Gemenge von Kupfersilikat und Eisenspat darstellt. Ein anderer blauer Farbstoff aus derselben Zeit enthielt Kohlensäure, Kieselsäure, Kupfer, Eisen und Quecksilber. Ein dritter blauer Farbstoff aus der Zeit von 1600—1200 v. Chr. stellte sich als ein basisch kieselsaures Kupferoxyd dar, dem noch der vierte Teil seines Gewichtes Tonerde beigemengt war. Man verfügte also schon damals über drei ganz verschiedene Blau, die man durch Versetzen mit Tonerde noch abzustufen verstand. Hierzu kam etwa im 9. Jahrhundert als weiteres Blau noch ein basisches Kupferkarbonat, das unserem heutigen Bergblau bzw. unserer Kupferlasur entsprach. Eine ähnliche Reichhaltigkeit zeigt sich in bezug auf andere Farben. Man stellt im 5. Jahrhundert v. Chr. ein Schwarz aus Mangan- und Eisensalzen her, mischt ein Violett sowie ein Grün, letzteres aus Eisen-Kupfersalzen und Tonerde usw. usw.

Bei den Römern endlich erreichte die Mannigfaltigkeit der Farben ihren höchsten Grad. Man kennt fast für jede Farbe mehrere Vertreter.

Weiß gab es eine ganze Menge: Zunächst die Kreide von Selinus auf Sizilien, die ganz besonders geschätzt, fein geschlämmt und dann mit Milch angerührt wurde. Sie diente auch als Schminke. Dann benutzte man das „Melinun", eine weiße Tonerde von der Insel Melos, die jedoch für Wandmalerei nicht brauchbar war. Beliebt war auch die Erde von Eretria an der Südwestküste von Euböa, ihrer chemischen Zusammensetzung nach eine Kreide, die besonders als Deckweiß verwendet worden sein soll. Das „Prätonium", ein aus Ägypten stammender Kreidemergel, war ziemlich teuer und wurde deshalb außerordentlich häufig verfälscht. Hierzu gesellte sich dann noch das Bleiweiß, der einzige nicht natürlich vorkommende, sondern auf künstlichem Wege gewonnene weiße Farbstoff der Römer. Es ist bereits im 4. Jahrhundert v. Chr. bekannt, wo Theophrast in seiner Schrift περὶ λίθων seine Zubereitung angibt, die auch von Dioscorides, Plinius und Vitruv beschrieben wird. Aus diesen Beschreibungen geht hervor, daß das ψιμύθιον, „cerussa", in folgender Weise hergestellt wurde: Man legte Blei auf ein mit starkem Essig gefülltes Gefäß und umwickelte beide möglichst fest, so daß die Essigdämpfe das Blei angreifen mußten. Es entstand Bleiweiß, das man abkratzte, mahlte und siebte. Die Giftigkeit des Bleiweißes war schon im 2. Jahrhundert v. Chr. bekannt, wo sie Nikander in seinen Alexipharmaka (Vers 74—76) erwähnt.

Als gelbe Farbe dient in der Hauptsache der Ocker, der in allen Abstufungen zwischen gelb, braun und rot gegraben und verwendet wurde. Als bester gelber Ocker galt der in der Nähe von Athen gewonnene. Ehe man in Italien Ockergruben entdeckte, war der athenische Ocker so teuer, daß man ihn häufig verfälschte oder statt seiner billigere Ersatzstoffe verwendete. Diese wurden nach den Berichten des Vitruv von den alten Wandmalern und Anstreichern in der Weise hergestellt, daß sie getrocknete gelbe Blumen in Wasser auskochten. Die erhaltene gelbe Brühe rührten sie mit Kreide an. Es entstand so eine in der Tönung dem athenischen Ocker ähnliche, je-

doch bedeutend weniger lichtbeständige Farbe, was ja auch nicht weiter wunderzunehmen braucht, da die organischen Farbstoffe den mineralischen in bezug auf Lichtbeständigkeit im allgemeinen nachstehen. Außer dem Ocker kam als gelbe Farbe noch das Auripigment, also Schwefelarsen von der chemischen Formel $As_2 S_3$, zur Verwendung.

An roten Farben gab es eine große Auswahl und die mannigfachsten Schattierungen. Zunächst einmal bot die Natur roten Ocker dar. Unter den verschiedenen Sorten war besonders die wahrscheinlich von der Stadt Sinope aus in den Handel gebrachte „sinopische Erde" beliebt, ein Rötel aus den Gruben von Kappadozien. Nicht minder berühmt war der Rötel von den Inseln Lemnos und Keos, dessen Bezugsrecht sich die Stadt Athen durch einen Vertrag mit Keos sicherte. Außerdem ließ sie für den Transport besondere Schiffe bauen. Man wußte auch, daß gelber Ocker beim Erhitzen in roten übergeht, ein Oxydationsverfahren, das ja auch heute noch von den Fabriken mineralischer Farbstoffe angewendet wird. Es soll vom Maler Kydias um das Jahr 350 v. Chr erfunden worden sein. Des weiteren dienten zerstoßene Ziegel als Malerfarbe, die ja auch beim Brennen ein lebhafteres Rot annehmen. Sie wurden jedoch später, als man bessere Farben hatte, nur noch zum Tünchen verwendet. Ebenso wie der Ocker, so ergaben auch die Schwefelarsenverbindungen mancherlei Abstufungen zwischen Gelb und Rot, besonders wenn man den roten Realgar mit dem gelben Auripigment mischte, die fast stets zusammen in der Natur vorkommen. Natürlich war die Gewinnung wie auch die Verwendung dieser Farben mit schweren gesundheitlichen Gefahren verknüpft. Nicht minder gesundheitsschädlich waren die Herstellung und der Gebrauch der Mennige, die man durch Erhitzen von Bleiweiß darstellte. Diese rote Farbe (Pb_3O_4) soll dadurch entdeckt worden sein, daß beim Brande einer Malerwerkstatt ein Gefäß mit Bleiweiß in die Flammen fiel, wodurch die weiße Farbe in eine rote überging. Zu diesen zahlreichen roten Farben gesellte sich dann noch der in den spanischen Gruben gewonnene Zinnober, den bereits Theophrast um 300 v. Chr. erwähnt (περὶ λίθων 59). Außer aus Spanien wurde er auch aus Kappadozien bezogen (Strabo III 144). Auch die Verwendung des Zinnobers (Schwefelquecksilber, HgS) war in gesundheitlicher Hinsicht sehr gefährlich. Wenn daher der Athener Kallias (um 748 v. Chr.) einen aus rotem, bei Ephesus vorkommenden Sande bereiteten „künstlichen Zinnober" erfand, so bedeutete dies in bezug auf Farbenpracht vielleicht einen Rück-, in hygienischer Hinsicht aber entschieden einen Fortschritt. Der künstliche Zinnober soll aus dem eben erwähnten in der Nähe von Ephesus vorkommenden Sand in der Weise bereitet worden sein, daß man ihn fein zerrieb, in Wasser aufschwemmte und dann wieder absetzen ließ. Der Absatz wurde getrocknet und als Farbe benutzt. Die Erfindung des künstlichen Zinnobers wird allerdings erst ziemlich spät erwähnt. Die erste Mitteilung über ihn befindet sich in einer Handschrift des 9. Jahrhunderts n. Chr., die sich in der Bibliothek der Kathedrale von Lucca befindet.

Als blaue Farbe diente vor allem das „Ägyptischblau", das durch Erhitzen eines Gemenges von Kupfererz, Sand, Kalk und Soda bereitet wurde. A. P. Laurie hat neuerdings versucht, diese Farben aus ihren Bestandteilen wieder herzustellen, was ihm auch gelungen ist. Nach den von ihm vorgenommenen Untersuchungen war das Ägyptischblau ein kristallinischer Körper, der dem Lichte gegenüber Doppelbrechung aufweist. Fouqué erhielt es durch Glühen einer Mischung von 24,4 Kupferoxyd, 50,0 Quarz, 21,0 Kreide und 4,6 Soda. Quarz mußte nach seinen Versuchen in feinster Mahlung verwendet werden, da hiervon das Gelingen abhängig war, wie

überhaupt sehr feines Mahlen aller Bestandteile sich als notwendig erwies. Die Glühtemperatur betrug 900—950 Grad.

Außer diesem künstlichen Blau stand noch ein natürlicher blauer Farbstoff zur Verfügung, den die Griechen „kyanos", die Römer hingegen „caeruleum" nannten. Er wurde in Ägypten und Zypern gefunden und dürfte wahrscheinlich der Lasurstein gewesen sein, aus dem man durch Pulvern und Schlämmen eine blaue Farbe erhielt, die unserem Waschblau, also dem Ultramarin, entsprochen haben dürfte. Der Preis des Kilogramms betrug bis zu 900 Mark. Verfälscht wurde er durch Verwendung weißer Kreide, die mit einer Abkochung von Waid gefärbt war. Außerdem wurde, wie wir schon bei den organischen Farbstoffen bemerkten, auch der Indigo als Malerfarbe verwendet.

Die hauptsächlichste grüne Farbe war der Malachit (chrysokolla), der an zahlreichen Fundstellen, vor allem in Mazedonien, Armenien, Zypern gewonnen wurde. Des weiteren verwendete man die aus Smyrna kommende Grünerde und endlich Grünspan. Seine Herstellung geschah dadurch, daß man Kupfer so lange in Weinhefe legte, bis sich ein grüner Überzug gebildet hatte, der dann abgekratzt wurde. Da sich auf diese Weise natürlich immer nur verhältnismäßig wenig Grünspan bilden kann, so war die Farbe ziemlich teuer, so daß man sie häufig verfälschte, was durch Zusatz von Marmorstaub oder Eisenvitriol geschah. Man kannte auch ein Verfahren, um die Fälschung herauszubringen, das im Glühen der verdächtigen Farbe bestand, wobei die stattfindende Verfärbung natürlich leicht erkennen ließ, ob eine reine Kupferverbindung vorlag. Ein in Kreta gefundenes Grün bestand aus Ägyptischblau gemischt mit Ocker. Die Römer benutzten grüne Erde.

Als schwarze Farbe endlich diente in der Hauptsache der Ruß. Er wurde, wie jetzt auch noch, in besonderen Betrieben hergestellt. Man verbrannte Pech, Harz, Kienspäne, Reisig, getrocknete Weintrester und sonstige Stoffe in Räumen, deren Wände möglichst glatt, vielfach auch aus poliertem Marmor hergestellt waren. Den sich hier absetzenden Ruß kratzte man ab. Außerdem war noch Beinschwarz im Gebrauch, das von dem gefeiertsten Maler Griechenlands, von Apelles (um 325 v. Chr.), erfunden worden sein soll, der zu seiner Herstellung Elfenbein verkohlte. Das Beinschwarz war außerordentlich teuer und wurde nur selten verwendet. Dagegen benutzte man zuweilen Holzteer sowie ein aus Indien bezogenes Schwarz, das wahrscheinlich mit unserer heutigen chinesischen Tusche identisch gewesen sein, also gleichfalls ein Rußprodukt dargestellt haben dürfte.

Es sei noch erwähnt, daß bei den alten Schriftstellern bestimmte und kennzeichnende Ausdrücke für die einzelnen Farben nicht immer zu finden sind. Man sprach von den Farben, in deren Schönheit man schwelgte, vielfach in blumenreichen Ausdrücken, also vom „Grün der Myrte", von der „Farbe der Eichel", von „Himmelblau" usw. usw. Es läßt sich also oft schwer feststellen, welche Farbe in dem einen oder anderen Falle gemeint ist.

Literatur zum Abschnitt „Farbstoffe" siehe hinter dem nächsten Abschnitt: „Die Maltechnik".

Die Maltechnik.

Die Malerei bei den Ägyptern und Babyloniern.

Die antike Maltechnik hat zuerst wohl bei den Ägyptern und dann bei den Babyloniern den höchsten Grad ihrer Ausbildung erreicht. Allerdings ist die vielgerühmte Beständigkeit dieser Malereien ebenso wie die der Färbung von Gewändern weniger der vollkommenen Technik als vielmehr anderen begünstigenden Umständen zuzuschreiben, vor allem der trockenen Luft, die im Gegensatze zu der unserer Städte keinerlei schädliche Gase, insbesondere keine schweflige Säure enthält. Auch die vielfach vollkommene Abgeschlossenheit von der Luft, wie z. B. in den Königsgräbern, hat erhaltend auf die antiken Malereien gewirkt. Ihre Beständigkeit ist, wie Heaton, Immerheißer, Lessing usw. usw. mit Recht betonten, nur ein Verhältnisbegriff.

Die Herstellung der ägyptischen Wandmalereien geschah in der Weise, daß man die Oberfläche der rohen Steinwand zunächst durch eine Schicht von Schlamm oder Lehm glättete. Auf diesen Untergrund kam dann eine zweite Schicht von Stroh und Asphalt. Darauf kam der eigentliche Malgrund, der aber nur in sehr dünner Schicht von etwa einem Millimeter aufgetragen wurde. Er bestand aus Kreide, zuweilen Bolus; später in der Ptolemäerzeit (im 6. Jahrhundert v. Chr.) trat noch die Vergoldung hinzu, insbesondere an Umhüllungen der Mumien. Auf diesem Grunde hafteten die mit Gummi oder Leim angemachten Wasser- oder Temperfarben. Die eigentliche Natur des Malmittels festzustellen, gelang bisher noch nicht. Man weiß nur, daß es sich um Wasserfarben handelt. Macht man diese Malereien naß, so können sie samt dem Untergrund weggewischt werden.

Außer dieser Art der Wandmalerei war bei den Ägyptern noch eine andere gebräuchlich, ja sogar die häufigere. Man schnitt oder meißelte die Bilder und Inschriften in den Stein ein und füllte die vertieften Umrisse der Zeichnungen mit einer Farbpaste aus. Die beiden eben erwähnten Arten der Dekorationsmalerei bleiben bis zur ptolemäischen Zeit die vorherrschenden. Sie haben sich fast 3000 Jahre hindurch unverändert erhalten.

Die Malerei bei den Griechen und Römern.

In den Mittelmeerländern bildete sich inzwischen, und zwar hauptsächlich in Griechenland, eine neue Art der Maltechnik aus, deren Anfänge bis auf die Zeit des Königs Milos zurückgehen, finden sich doch Freskogemälde im Palaste von

Knossos. Wenn die Freskotechnik in Kreta ihre Heimat zu haben scheint, während sie in Ägypten unbekannt gewesen sein dürfte, so wird der Grund wohl darin liegen, daß in Kreta mit seinem teilweise naßkalten Wetter einfache Tünchgemälde ägyptischer Art wohl kaum von Bestand gewesen sind. Man suchte deshalb nach einer neueren Maltechnik, die Dauerhafteres schuf. Die Analysen des zu den kretischen Freskomalereien verwendeten Materials ergaben, daß der Kalk aus einem etwa ein bis zwei Meilen vom Palast von Knossos gelegenen unterirdischen Steinbruche stammte. Als Farben dienten für **Weiß** Kalkstein, für **Gelb** Ocker, für **Rot** gebrannter gelber Ocker einerseits und gemahlener Hämatit andererseits. **Schwarz** wurde aus kohlehaltigem Schiefer hergestellt. **Blau** war das schon oben (S. 197) erwähnte Ägyptischblau, also ein Kupfernatriumsilikat. Ein einheitliches **Grün** wird nicht verwendet; diese Farbe wird stets aus Ägyptischblau und Ocker gemischt. Der Kalk der früheren Fresken ist nicht so weiß und rauher als der späterer Perioden. Außerdem enthält er eine beträchtliche Menge von Aluminiumsilikat in Form von Zeolith. Durch Zusatz dieses Minerals wollte man wahrscheinlich die Erhärtung begünstigen, die merkwürdigerweise auch heute noch keine vollkommene ist. Die Erhärtung der Fresken erfolgt bekanntlich dadurch, daß der Kalk (Kalkhydrat, $Ca(OH)_2$) Kohlensäure aus der Luft aufnimmt und dadurch in kohlensauren Kalk ($CaCO_3$) übergeht. Auch heute noch,

Abb. 251. Ägyptische Malerpalette (mit Farbnäpfchen und Pinselbehälter). Holz. Länge 53 cm, Breite 6 cm. (Darunter eine Schreiberpalette mit 5 Rohrfedern.) Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

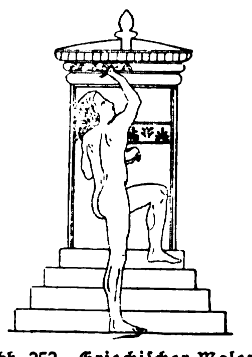


Abb. 252. Griechischer Maler.

einige tausend Jahre nach der Herstellung, finden sich an den tiefsten Stellen der Fresken von Knossos Spuren von unverändertem Kalkhydrat.

In ähnlicher Weise wie die griechischen wurden auch die römischen Freskogemälde hergestellt. Allerdings war die Technik hier schon nach mancherlei Richtung hin vervollkommnet. Insbesondere beschreibt Vitruv (VII 3) die Herstellung des Stuckbewurfs, des „Tektoriums", eine Stelle, die trotz aller Erklärungsversuche von Wiegmann, Donner, Blümner, Raehlmann, Keim, Berger usw. in mancher Hinsicht nicht genügend geklärt erscheint. Vom technischen Standpunkt aus hat die durch Versuche gestützte Erklärung Bergers viel für sich, daß zuerst eine glänzend glatte, gefärbte oder weiße Stuckfläche hergestellt wurde, auf die dann nach mehreren Arten (Tempera, Stuccolustro usw.) gemalt werden konnte. Besonders sei noch erwähnt, daß die eine der von den Römern benutzten grünen Farben, der Malachit, auf dem Kalk an Schönheit verlor. Überall da, wo man ihn verwenden wollte, wurde daher auf den weißen Untergrund erst eine leichte Decke von Schwarz angebracht, auf die man dann das Grün aufmalte.



Abb. 253. Gemälde auf Leinwand (spätägyptisch). [Porträt eines Mädchens auf einer Mumie. Goldener Kranz im Haar, goldene Ohrringe und Halskette. Hawara. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Die Tafelmalerei.

Außer der Wandmalerei kam dann auch die Tafelmalerei auf. Man malte Gemälde auf Holztafeln, die aus Zypressen-, Lärchen- oder Tannenholz hergestellt waren. Leinwand war als Malmaterial fast nicht gebraucht, obschon vereinzelte Funde (von Flinders Petrie in Hawara im Fajûm) existieren, bei denen Porträte auf Leinwand (Kanevas) gemalt sind. Das getrocknete Holz wurde weiß grundiert und dann bemalt. Außer auf Holz malte man auch auf Steintafeln, besonders auf Tafeln von geschliffenem Marmor. Derartige Gemälde wurden in Griechenland schon in alter Zeit als Grabdenkmäler benutzt. Ein Firnissen der Gemälde war nicht üblich, obschon von Apelles berichtet wird, daß er seine herrlichen Schöpfungen mit einem schützenden Überzuge versah, dessen Zusammensetzung er geheim hielt. Da alle

Farben Wasserfarben waren, so mußte man die Gemälde vor der Verderbnis schützen, was durch die Anbringung von Flügeltüren geschah. Die Ägypter sollen aber auch Glas zu diesem Zwecke verwendet haben. Die Ölmalerei war im ganzen Altertum unbekannt.

Die Enkaustik.

Außer den Wasserfarben bzw. der unter Verwendung von Ei, Gummi oder Leim durchgeführten Temperamalerei kannten die Alten aber noch eine besondere Art der Maltechnik, die „enkaustische Malerei", über die Plinius schreibt (XXXV 149):

„Wer zuerst auf den Gedanken gekommen ist, mit Wachsfarben zu malen und das Gemälde einzubrennen, ist nicht bekannt", und dann: „Enkaustisch zu malen hat es in alter Zeit (nur) zwei Arten gegeben, mit Wachs und auf Elfenbein, mit dem Cestrum, d. h. einem spießähnlichen Werkzeuge (vericulum), bis man anfing, die Kriegsschiffe zu bemalen. Dadurch kam als dritte Art hinzu, die Wachsfarben durch Feuer flüssig zu machen und den Pinsel zu gebrauchen: eine Malerei, die an Schiffen weder durch die Sonne noch durch das Salzwasser oder durch die Winde beschädigt wird."

Diese Stelle ist schon seit dem 16. Jahrhundert die Quelle lebhafter Erörterungen über die Technik der enkaustischen Malerei gewesen. Die hauptsächlich auf philologischen Grundlagen beruhenden Erklärungen begannen im Jahre 1585 durch Louis de Montjosieu und haben heute noch kein Ende gefunden. Wichtig ist eine von Mayhoff vorgenommene Textvergleichung, die die bedeutsame Tatsache ergab, daß die drei von Plinius erwähnten Arten („qui encausto cauterio vel cestro vel penicillo pinxerit) der Enkaustikmalerei die folgenden sind:

1. Die Cauterium-Enkaustik, d. h. Auftragen und Verarbeiten der Farben mit einem heißen Instrument.
2. Cestrum-Enkaustik; Arbeiten mit spitzem Griffel nur auf Elfenbein (Miniaturen).
3. Pinsel-Enkaustik; Auftragen der heißflüssigen Farben mit einem Pinsel.

Als erschwerend kam hinzu, daß man niemals enkaustische Malereien entdeckte, so daß man schon glaubte, die Enkaustikmalerei habe in Wirklichkeit nicht existiert. Auch hervorragenden Chemikern wie Chaptal (1809) und Davy (1815) gelang es nicht, Wachs oder Mischungen mit Harzen in antiken Wandfresken nachzuweisen. Am Ende des vorigen Jahrhunderts endlich wurden auf der alten ägyptischen Gräberstätte von Rubayât im Fajûm enkaustische Malereien aufgedeckt, von denen nach dem Urteile von Ebers die ältesten etwa aus dem 2. Jahrhundert vor, die jüngsten aus dem 4. Jahrhundert nach unserer Zeitrechnung stammen dürften. Bei ihnen ergab die chemische Analyse das Vorhandensein von Wachs.

Da man schon vorher bei St. Médard des Prés ein römisches Malergrab aufgedeckt hatte, in dem sich eine vollständige Ausstattung fand, so ist es durch diese beiden Funde nunmehr gelungen, Klarheit über die antike Enkaustikmalerei zu erhalten.

In dem Grabe der Malerin lagen, und zwar in einem kleinen eisenbeschlagenen Kästchen: (Abb. 254 u. 255.)

1. ein Bronzekästchen mit Schiebedeckel (darin lagen Farbstoffe unregelmäßiger Form);
2. eine Basalttafel;
3. ein Mörser aus Bronze;

4. zwei kleine zierlich gearbeitete Löffelchen aus Bronze im Etui aus gleichem Metall;

5. zwei Pinselstiele.

Ferner fanden sich in dem Grab Amphoren, die teils mit Bienenwachs, teils mit einer Mischung von Harz und Wachs gefüllt waren, sowie Klappmesser, Farbenreiber, ein Alabastermörser mit Ausguß usw. usw.

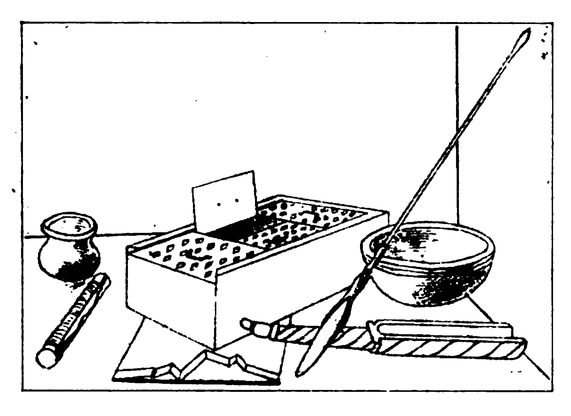


Abb. 254. Geräte zur Enkaustik-Malerei aus dem Grab einer Malerin.

Von links nach rechts: Glaskrüglein, Messer mit Zedernholzgriff, Bronzekästchen mit Farbe in 4 Abteilungen geteilt, die mit einer durchbohrten Silberplatte bedeckt wurden; darunter eine Basalttafel, ein Bronzelöffel, ein Mörser, davor Schaufel aus Bergkristall.

Ergibt schon das Vorhandensein von Wachs, das durch den hervorragendsten Vertreter der Chemie auf dem Gebiete der Öl- und Fettindustrie, durch Chevreul, untersucht worden war, die Möglichkeit, daß hier die Gerätschaften eines Enkaustikmalers vorliegen, so wird diese Möglichkeit durch einen Vergleich mit den Angaben des Plinius und der Art, wie die ägyptischen Enkaustikmalereien ausgeführt wurden, zur Gewißheit. Das kleine Kästchen mit den durchbrochenen Silberdeckeln dient zur Aufnahme glühender Kohlen. Die aus den Öffnungen entströmende Hitze erweicht die daraufgestellten Wachsfarben. Die beiden langstieligen Löffelchen mit den verdickten Enden, die abwechslungsweise erwärmt werden konnten, hatten den Zweck, das auf die Malfläche aufgetragene Wachs zu ebnen, zu verteilen und ineinander zu verarbeiten. Nach den vom Maler Ernst Berger mit für das deutsche Museum in München nachgebildeten gleichartigen Instrumenten angestellten Versuchen ließ sich tatsächlich ein enkaustisches Gemälde in antiker Manier herstellen. Nach den Forschungen von Berger diente zur ersten Anlage wohl das löffelartige Ende des Instrumentes — in dem wir das Cauterium wiedererkennen dürfen —, indem die heißflüssige Wachsfarbe damit aufgefaßt und sofort auf der Fläche ausgebreitet wurde (erste Art des Plinius); die Vollendung geschah mit dem anderen, erwärmten

Abb. 255. Geräte zur Enkaustik-Malerei aus dem Grab einer Malerin.

Von links nach rechts: Reibstein aus Kristall, Bronzelöffelchen, großer Mörser, dahinter noch ein Reibstein, Futteral mit 2 kleinen Bronzelöffeln, rechts vorne 2 Stückchen Farbe.

Ende des Cauteriums. Oder man begann nach der dritten Art des Plinius mit dem Pinsel und heißflüssiger Farbe und vollendete mit dem Cauterium. Auch die enkaustischen altägyptischen Gemälde lassen zwei Arten der Ausführung unterscheiden: Bei der einen kam ausschließlich ein vom Pinsel verschiedenes Instrument zur Anwendung, dessen Spuren deutlich sichtbar sind, während beim anderen dieses Instrument, nur zur Ausführung der Gesichtspartien diente; der Hintergrund aber sowie Gewand Schmuckstücke usw. sind mit dem Pinsel und zwar zumeist ganz flüchtig mit erweichten Wachsfarben gemacht.

Aus der Enkaustik ist dann später die Ölmalerei hervorgegangen. Man mischte Harze zur Wachsmasse und später wohl auch, um sie länger flüssig zu erhalten, Öle. So entstand zunächst eine Ölharztechnik und daraus schließlich eine reine Öltechnik, die der griechische Arzt Antius im 6. Jahrhundert n. Chr. zum erstenmal erwähnt, der schreibt, „daß das trocknende Nußöl den Enkaustikern wegen seiner Trockenkraft diene".

Literatur zu den Abschnitten: „Die Farbstoffe" und „Die Maltechnik".

Berger, Die Technik der römisch-pompejanischen Wandmalerei nach dem heutigen Stand der Frage. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1906, S. 249.
— Über Maltechnik im Altertum. Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1909, S. 191.
Berthelot, Archéologie et Histoire des Sciences. Paris 1906.
— Die Chemie im Altertum und Mittelalter. Leipzig und Wien 1909.
Blümner, Die Maltechnik des Altertums. Neues Jahrbuch für das klassische Altertum 1905, S. 202.
— Technologie und Terminologie der Gewebe und Künste bei Griechen und Römern. 1. Band. Leipzig und Berlin 1912 und Band 4, Leipzig 1887.
Bock, Über Ägyptischblau. Zeitschr. für angewandte Chemie 1916, I, S. 228.
Büchsenschütz, Die Hauptstätten des Gewerbefleißes im klassischen Altertum. Leipzig 1869.
Dedekind, Ein Beitrag zur Purpurkunde. Berlin 1906.
Dépierre, Die Waschmaschinen. Wien 1884
Diels, Antike Chemie. In: Diels, Antike Technik. Leipzig und Berlin 1914.
Donner. Über Technisches in der Malerei der Alten, insbesondere in deren Enkaustik. (Keims Praktische und chemisch-technische Mitteilungen für Malerei 1885.)
Duisberg, Die Wissenschaft und Technik in der chemischen Industrie. Zeitschr. für angewandte Chemie 1912, S. 3.
Ehrenfeld, Farbenbezeichnungen in der Naturgeschichte des Plinius. Sonderabdruck aus den Jahresberichten des k. k. deutschen Staatsgymnasiums in Prag 1907/1908 u. 1909. Prag 1909.
Faymonville, Die Purpurfärberei der verschiedenen Kulturvölker des klassischen Altertums und der frühchristlichen Zeit. Heidelberg 1900.
Ferber, Herstellung von Enkaustikfarben D. R. P. 288 006 vom 31. Mai 1914.
Fouqué, Bleu égyptien. Séance de l'Academie des Sciences du 18. févr. 1889. (Comptes rendus de l'Ac. d. Sc. 1889.)
Friedländer, L., Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888 bis 1890.
Friedländer, P., Über antiken Purpur. Zeitschr. f. angew. Chemie 1909, S. 2321.
— Zur Kenntnis des Farbstoffes des antiken Purpurs aus murex brandaris. Österreichische Chemiker-Zeitung 1909, S. 86.
Hackert, Enkaustik: bei Goethe: Philipp Hackert (in Goethes Werken).
Heaton, Malerei in alten Zeiten. Paint and Varnish Society, London, Sitzung vom 6. April 1911.
Hübner, Die Untersuchung einiger alter ägyptischer Gewebe. Zeitschr. für angewandte Chemie 1909, S. 2107.

Keim, Zur Frage der römisch-pompejanischen Wandmalerei. Technische Mitt. für Malerei 1905, Nr. 10.
Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Lagercrantz, Papyrus graecus Holmiensis. Rezepte für Silber, Steine, Purpur. Leipzig 1913.
Laurie, Über von den früheren Malern angewandte Farben und einige Methoden zu ihrer Erkennung. Chemiker-Zeitung 1911, S. 488 und ebenda 1913, S. 364.
Lewin-Dorsch, Die Technik der Urzeit. Stuttgart 1912.
v. Lippmann, Chemische Papyri des 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.
— Chemisches aus dem Papyrus Ebers. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.
— Chemisches und Alchemisches aus Aristoteles. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.
— Die chemischen Kenntnisse des Dioscorides. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.
— Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandlungen u. Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.
Marquart-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.
Mau-Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.
Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.
Neuburger, Die Farben der alten Ägypter. Prometheus 1892.
Meyer, Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Leipzig 1914.
Pinner, Chemisches aus der Bibel. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Rhousopoulos, Beitrag über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Raehlmann, Römische Malerfarben. Mitteilungen des Kaiserl. Deutschen Archäologischen Instituts, Römische Abteilung, Bd. XXIX 1914.
Rose, Die Mineralfarben und die durch Mineralstoffe erzeugten Färbungen. Leipzig 1916.
— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik 1909, S. 287.
Schmidt, W. A., Die Purpurfärberei und der Purpurhandel im Altertum. In: Forschungen auf dem Gebiete des Altertums. Berlin 18.2, S. 96.
Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschrift Die Kultur 1905, S. 474.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egypteans. London 1878.
Witt und Lehmann, Chemische Technologie der Gespinstfasern. Braunschweig 1910.
Wolff, Die Farbe im Altertum. Farbe und Lack 1913, S. 6.

Technische Mechanik und Maschinen.

Viele der technischen Leistungen des Altertums erregen durch ihre Größe, durch das Gigantische der ihnen zugrunde liegenden Ideen und die Art ihrer Ausführung unsere höchste Bewunderung. Diese Bewunderung muß aber noch steigen, wenn wir uns bewußt werden, daß alle diese Leistungen nur mit verhältnismäßig einfachen Maschinen, mit Vorrichtungen vollbracht werden, die sich durchweg aus der Ausnützung einiger weniger und leicht zu erkennender Naturgesetze ergeben. Die „Leistung" ist das Produkt aus Zeit und Kraft. Sie wird uns angesichts der Einfachheit der im Altertume benützten Maschinen verständlicher, wenn wir bedenken, daß man damals an beiden Überfluß hatte. Die Zeit besaß keinen oder nur geringen Wert; man konnte also, um eine bestimmte Leistung zu vollbringen, ein beträchtliches Maß davon aufwenden. An Kräften war aber gleichfalls kein Mangel: Die Sklaverei lieferte Menschenmaterial in Hülle und Fülle, das aufs höchste ausgenutzt werden konnte. Angesichts dieses Überschusses an Kraft und Zeit konnten die Maschinen einen einfachen Bau aufweisen.

Die einfachen Maschinen.

Aristoteles (384—322 v. Chr.) gibt uns in seinen „Mechanischen Problemen" eine Aufzählung der von den Alten gebrauchten Hilfsmittel. Er nennt als solche den Hebel mit Gegengewicht am Ziehbrunnen, die gleicharmige Wage, die Schnellwage, die Zange, den Keil, die Axt, die Kurbel, die Walze, das Wagenrad, die Rolle, den Flaschenzug, die Töpferscheibe, die Schleuder, das Ruder sowie auch die Drehräder von Erz oder Eisen mit verschiedener Drehrichtung, worunter wahrscheinlich Zahnräder zu verstehen sind. (Siehe S. 219.) Betrachten wir uns diese Aufzählung sowie die Definition, die Vitruv (1. Jahrhundert v. Chr.) von der „Maschine" gibt: „Eine Maschine ist eine zusammenhängende Verbindung von Holz, die zur Hebung von Lasten die größten Vorteile gewährt; sie wird auf künstliche Weise in Tätigkeit versetzt, nämlich durch Kreisumdrehung", so erkennen wir sofort, daß es sich bei den Alten hauptsächlich um die Ausnützung jener einfachen Vorrichtungen handelt, die die Mechanik unter dem Begriffe der „einfachen Maschinen" zusammenzufassen pflegt. Sie haben ihren Namen daher, daß sie keine Zergliederung in noch einfachere Maschinen zulassen, und man versteht darunter den Hebel, die schiefe Ebene, den Keil, die Rolle und das Zahnrad. Durch ihre Vereinigung entsteht die zusammengesetzte Maschine. Sehen wir nun zu, in welcher Weise das Altertum aus den „einfachen Maschinen" und aus ihrer Vereinigung Nutzen zog!

Nach vielfacher Annahme, der sich auch Wichelhaus anschließt, hätten die Ägypter nur Hebel, Keil und Flaschenzug gekannt. Diese Ansicht findet darin eine

Stütze, daß es zweifelhaft ist, ob beim Bau der Pyramiden, wie von mancher Seite angenommen wird, die schiefe Ebene zur Anwendung kam. Wenn wir daher vom Zahnrad, auf das noch später zurückzukommen sein wird, absehen und uns die technischen Leistungen der alten Völker sowie ihr Zustandekommen eingehender betrachten, so finden wir als Grundlagen der antiken maschinellen Technik den Hebel, die schiefe Ebene, den Keil und die Rolle.

Der Hebel und seine Anwendung.

Von ihnen bot sich der Hebel ganz von selbst dar, er ist sicherlich von allen Völkern schon während ihrer vorgeschichtlichen Zeit benutzt worden. Die Angabe des Plinius (VII 195), daß er von Kinyras von Zypern erfunden worden sei, kann daher höchstens als ein Beitrag zur Sagengeschichte, nicht aber zu der der Technik gewertet werden. Mit der Theorie des Hebels haben sich von den großen Geistern des Altertums vor allem Aristoteles und Archimedes (287—212 v. Chr.) beschäftigt, von denen der erstere die Hebelwirkung auf den Kreisbogen zurückführt, während Archimedes auf rechnerischem Wege das Hebelgesetz entdeckt, das aussagt, daß das Produkt aus Kraft mal Hebelarm auf beiden Seiten vom Drehpunkte denselben Wert haben muß, damit Gleichgewicht bestehe. Um also mit der Kraft des Armes ein 1000mal stärkeres Gewicht zu heben, genügt es, den Hebelarm, an dem man drückt, 1000mal länger als den anderen zu machen. „Gib mir einen Standpunkt außerhalb der Erde, und ich will sie bewegen", lautete des Archimedes stolzer Ausspruch. Ob die von ihm geschaffene Erkenntnis die mechanische Entwicklung der Folgezeit beeinflußt hat, mag dahingestellt bleiben. Jedenfalls verstand man es schon lange zuvor, den Hebel teils für sich, teils in Verbindung mit anderen Einrichtungen auszunutzen. Er tritt uns bereits bei den alten Ägyptern in Form zahlreicher Werkzeuge entgegen, und Vergleiche mit den Leistungen anderer Völker lassen uns erkennen, daß auch diese von ihm entsprechenden Gebrauch zu machen verstanden. So finden wir mannigfache Vorrichtungen zum Heben des Wassers, die auf der Verwendung des Hebels beruhen, wie den Schaduff bei den Ägyptern, Babyloniern und Assyrern und die Picota bei den Indern. Der Schaduff oder „Schwingeimer", wie man ihn nennen könnte, wurde, wie uns z. B. die aus dem 7. Jahrh. v. Chr. stammenden Reliefs am Palast zu Ninive und andere Darstellungen erkennen lassen, im Altertume bereits ebenso gehandhabt wie auch heute noch im Nildelta: Ein zweiarmiger, an seinem hinteren, kürzeren Arme beschwerter Hebel trägt am vorderen längeren Arm das Schöpfgefäß. (Abb. 256.) Die Arbeiter wirken am längeren Hebelarm. Im Gegensatz dazu beschreibt Philon von Byzanz (um 230 v. Chr.) eine dem Schaduff ähnliche Einrichtung zum Schöpfen des Wassers, bei der am hinteren, gleichfalls kürzeren Hebelarm eine Tretvorrichtung angelenkt ist. Dadurch, daß der Arbeiter auf sie (ein ein-

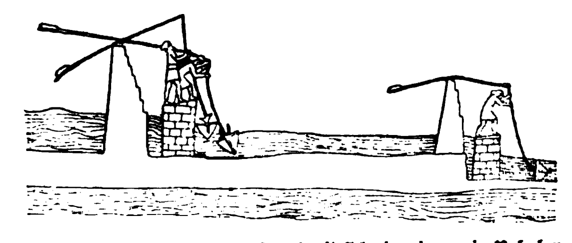


Abb. 256. Schaduff. Schöpfwerk mit Schwingeimern in Babylon. Nach einem Relief aus dem 7. Jahrh. v. Chr. am Palast zu Ninive.

faches Brett) hinauftritt, hebt sich der Eimer. (Abb. 259.) In gleicher Weise arbeitet die alte „Picota“ oder „Kupila“ der Inder, bei der der kürzere Hebelarm eine kurze



Abb. 257. Schaduff zum Heben des Nilwassers auf Bewässerungsgräben. Die Einrichtung zeigt heute noch dieselbe Gestalt wie bei den alten Ägyptern.

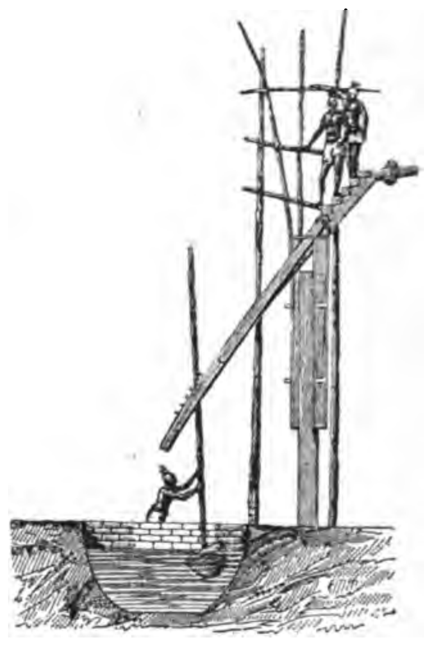


Abb. 258. Picota der Inder.

Treppe trägt, auf der die Arbeiter bald nieder-, bald emporsteigen, wodurch der Eimer gesenkt bzw. gehoben wird. (Abb. 258.) Angesichts des lebhaften Handelsverkehrs, den die alten Ägypter nach den verschiedensten Ländern hin unterhielten, konnte man weder in diesen noch in Ägypten selbst die Wage (Abb. 260 bis 263) entbehren, von deren Einrichtung, die der heutigen glich, uns zahlreiche alte Darstellungen Kunde geben. (Siehe auch Abb. 48 S. 44 u. Abb. 49 S. 45.)

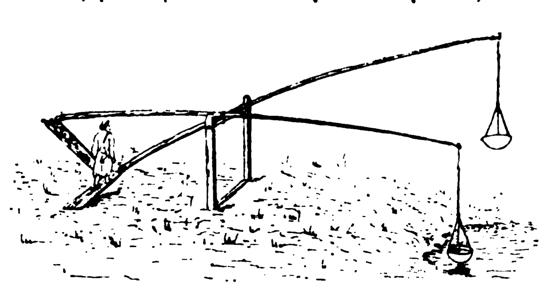


Abb. 259. Schöpfwerk mit Tretvorrichtung. Nach Angaben des Philon von Byzanz.

Eine zielbewußte Ausnützung des Hebels, vielleicht auf Grund der Archimedischen Gesetze, schuf Heron von Alexandria (1. Jahrhundert n. Chr.). Er konstruierte zahlreiche Automaten, die zum großen Teil auf der Verwendung des Hebels beruhen. Als typisches Beispiel sei der von Heron konstruierte Weihwasserautomat (Abb. 264) hier angeführt, den er folgendermaßen beschreibt (nach Wilh. Schmidt):

„Manche Opfergefäße sind so eingerichtet, daß Weihwasser zum Besprengen herausfließt, wenn man ein Fünfdrachmenstück hineinwirft.

Man nehme ein Opfergefäß (σπονδεῖον Abb. 264) oder eine Sparbüchse (θησαυρός) αβγδ, deren Mündung α nicht geschlossen sei. In der Sparbüchse (bzw. der Opferkanne) befinde sich ein (kleines) Gefäß ζηθκ mit Wasser und einer Büchse λ, von welcher eine Ausflußröhre λμ nach außen gehe. Neben dem Gefäße stehe ein senkrechter Stab νξ, um den ein anderer οπ sich wie ein Wagebalken drehe. Dieser erweitere sich bei ο zu einem Plättchen ρ, das (im Zustande der Ruhe) dem Boden des Gefäßes parallel liegt. Bei π hänge an dem Querstabe ein Stiel πσ, an welchem bei σ ein (genau) auf die Büchse λ passender Deckel sitzt, so daß er den Ausfluß durch die Röhre λμ zu unterbrechen vermag. Der Büchsendeckel sei schwerer als das Plättchen ρ, dagegen leichter als Münze und Plättchen zusammen. Wenn nun durch die Mündung α das

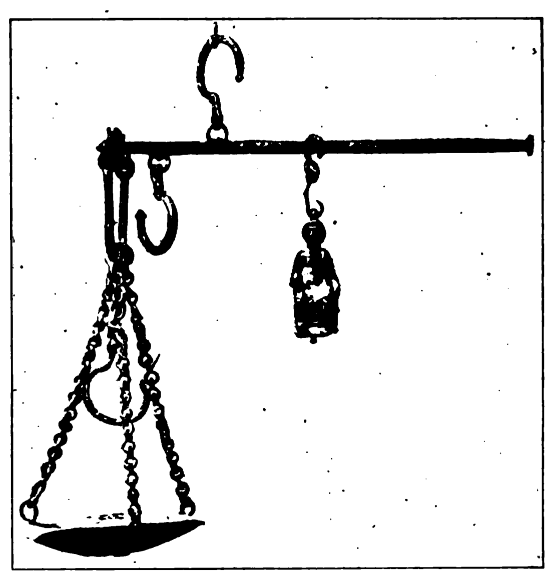


Abb. 260. Römische oder Schnellwage.
Zweiarmiger ungleicharmiger Hebel. Am kürzeren Hebelarme die zu wägende Last; am längeren ein verschiebbares Gewicht, der „Läufer“ (hier in Gestalt einer weiblichen sitzenden Bronzefigur). Durch Verschieben des Läufers wird Gleichgewicht mit der Last hergestellt und dann an der am längeren Hebelarm angebrachten Teilung an der Stelle, wo der Läufer hängt, das Gewicht abgelesen. Aus Griechenland stammendes Exemplar.
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

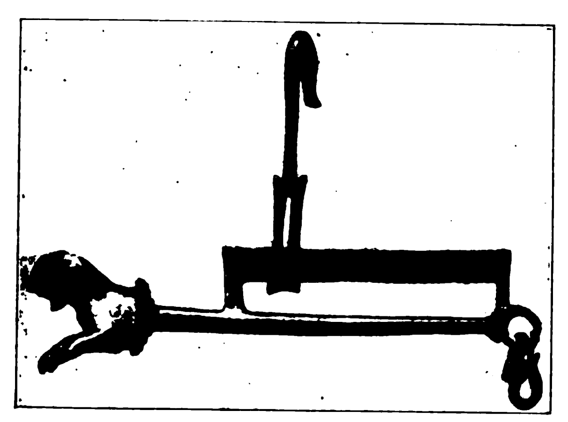


Abb. 261. Römische oder Schnellwage.
Andere Art der Ausführung. Gewicht (in Gestalt eines Löwenkopfes) und Last sind fest. Das Gleichgewicht wird durch Verschieben der ganzen Wage in der Aufhängevorrichtung hergestellt. Das Gewicht wird dann am Aufhängepunkt an der am Wagebalken befindlichen feinen Teilung abgelesen.
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.



Abb. 262.
Schnellwage im Gebrauch.
Von einem römischen Grabdenkmal zu Neumagen. Provinzialmuseum Trier.

Geldstück hineingeworfen ist, fällt es auf das Plättchen ρ, drückt den Querstab οπ nieder und bringt ihn in eine schiefe Lage, während es den Büchsendeckel emporzieht, so daß das Wasser ausfließen kann. Wenn das Geldstück heruntergefallen ist, legt sich der Deckel wieder auf die Büchse und verschließt sie, so daß der Ausfluß aufhört."

Wichtiger als diese und noch viele andere Automaten



Abb. 263. Gleicharmige Hebelwage. Griechische Darstellung auf der „Arkesilasschale".

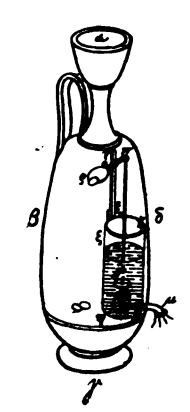


Abb. 264. Der Weihwasserautomat des Heron von Alexandria.

des in derartigen Erfindungen äußerst geschickten Heron waren die mannigfachen technischen Anwendungsformen, die man insbesondere in römischer Zeit vom Hebel machte. Unter diesen ist das Drehrad zu erwähnen, das am Schleifstein[1]) und wohl auch an der Drehbank zur Anwendung kam. Ferner die zahlreichen und oft sehr komplizierten Hebelvorrichtungen, die man in den Theatern anwendete, um Versenkungen auf- und niedersteigen zu lassen usw. usw., und von denen uns noch einzelne Balken sowie Aussparungen im Mauerwerke der römischen Theater Kunde geben. Endlich beruhen sehr wichtige Kriegsmaschinen auf der Anwendung des Hebels, die nach der Angabe des Diodor (1. Jahrhundert v. Chr.) von Perikles (493—429 v. Chr.) erfunden worden sein sollen, der sie von einem Mechaniker Artemon ausführen ließ, um sie bei der Belagerung von Samos (439 v. Chr.) zu verwenden. Wir werden auf diese Maschinen weiter unten noch ausführlicher eingehen.

Die schiefe Ebene.

Die schiefe Ebene war auch schon im Altertum ein willkommenes Mittel, um Lasten in die Höhe zu schaffen. Ob sie freilich, wie vielfach vermutet wird, beim Bau der Pyramiden (um 2800 v. Chr.) eine Rolle gespielt hat, ist zweifelhaft.

[1]) Siehe Seite 54 Abb. 65.

Nach Herodot (II 125) vollzog sich der Pyramidenbau unter Verwendung von Hebezeugen, deren nähere Natur er nicht beschreibt, in folgender Weise:

„Und dieselbe Pyramide ist gebaut worden wie eine Treppe mit lauter Stufen oder Tritten oder Absätzen. Und nachdem sie den ersten Absatz gemacht, hoben sie die übrigen Steine hinauf auf einem Gerüst von kurzen Stangen. Von der Erde also hoben sie auf der Stufen ersten Absatz, und wenn der Stein oben war, legten sie ihn auf ein anderes Gerüst, das da stand auf dem ersten Absatz, und von diesem wurde er gewunden auf den zweiten Absatz, auf einem anderen Gerüst, denn soviele Absätze von Stufen waren, so viele Gerüste waren auch. Oder auch, sie hatten nur ein Gerüst, und weil es leicht zu heben war, so nahmen sie es mit auf einen jeglichen Absatz, sobald sie den Stein abgenommen. Ich erzähle es auf beide Arten, wie man mir es erzählt hat. Vollendet ward nun das oberste zuerst; sodann vollendeten sie, was darauf folgte, zuletzt aber vollendeten sie, was an der Erde und ganz unten war."

Sieht man von dem letzten Satz ab, dessen Bedeutung Lepsius dahin erklärt, „daß man erst die oberste Stufe der Pyramide vollständig herstellte, ehe die darunterliegende beendet war. Die Vollendungsarbeit der Stufe geschah hierbei von unten nach oben", so geht aus den Ausführungen Herodots zunächst nur die Verwendung von Hebezeugen unbekannter Art beim Pyramidenbau hervor. Daß aber Anrampungen in Form schiefer Ebenen vorhanden gewesen sein dürften, um die Steine bis zu diesen Hebezeugen heranzubringen, erscheint nicht unwahrscheinlich, wenn man sich die ganze Art und Weise überlegt, wie die Ägypter und die Assyrer, wahrscheinlich aber auch noch andere Völker des Orients, ihre schweren Lasten transportierten, die sie stets auf kufenförmige Untersätze (Schleifen) stellten. Ein derartiger Untersatz läßt sich leicht auf eine schiefe Ebene hinaufziehen. Freilich darf man sich nicht vorstellen, daß diese schiefe Ebene, wie Diodor schreibt, bis zur Spitze der Pyramide emporgereicht hätte, sie diente wahrscheinlich nur dazu, den aufgestellten Hebemaschinen Baumaterial zuzuführen. Im übrigen ist über die Verwendung schiefer Ebenen beim Pyramidenbau eine ganze Literatur entstanden, aus der wir nur hervorheben wollen, daß Hirt die Verwendung der schiefen Ebene nicht für wahrscheinlich hält, während Erman überhaupt die Verwendung einer höher entwickelten Mechanik leugnet und behauptet, daß „diese Wunder nur durch eine Kraft vollbracht sind, durch ungezählte und rücksichtslos ausgenutzte Menschenhände".

Eine besondere Bedeutung erlangte die schiefe Ebene durch ihre Anwendung in Gestalt der Schraube, die von Archimedes auf einer ägyptischen Reise erfunden worden sein soll. Es ist jedoch anzunehmen, daß sie dort schon lange und zwar bei der Wasserhaltung in Bergwerken, in Gebrauch stand („ägyptische" oder „archimedische" Schraube). Die Art ihrer Herstellung wird von Vitruv (X 6) eingehend beschrieben. Wir sehen aus dieser Beschreibung, daß die Schraube oder Schnecke aus Holz hergestellt war und zunächst ausschließlich zum Wasserschöpfen diente. Sie hatte die Gestalt eines langen Schraubengewindes k, k, k (Abb. 265), dessen Schraubengänge oben durch eine in Reifen gebundene und mit Teer bestrichene Verschalung m geschlossen waren; der untere Teil der schräg aufgestellten, in einem Balkengerüst befestigten Schnecke, die durch ein Tretrad bewegt wurde, tauchte ins Wasser; durch ständiges Drehen wurde die Flüssigkeit gehoben. Später verwendete man die Schraube an den einschraubigen Olivenpressen (Plinius XVIII 317),

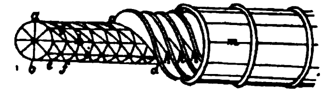
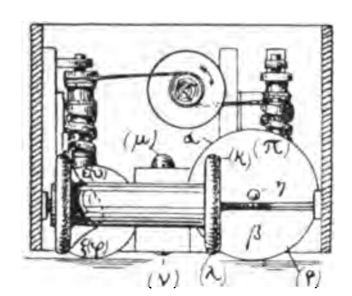


Abb. 265.
Konstruktion der Wasserschnecke (nach der Beschreibung des Vitruv [X 6]).

an den zweischraubigen Tuchpressen (siehe den Abschnitt „Gespinste und Gewebe") usw. usw. Auch an mechanischen Vorrichtungen kam sie in Form der „Schnecke" oder „Schraube ohne Ende" zur Verwendung. (Abb. 266 u. 267.) An Fibeln findet man kleine Schrauben von Gold; eiserne Schrauben aus dem Altertume sind bis jetzt nicht bekannt.



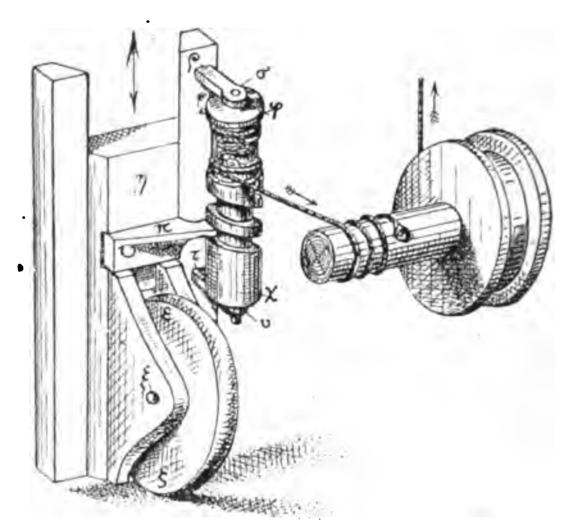


Abb. 266 u. 267. „Schrauben ohne Ende".
Schnecken in Verbindung mit Rollen und Schnurlauf bei Automaten des Heron von Alexandria. Die Einrichtung dient dazu, das Rad automatisch zu heben und zu senken.

Rolle und Keil.

Die Rolle stand bereits bei den Assyrern im Gebrauch und wurde wahrscheinlich auch von den Ägyptern verwendet. Heron von Alexandria (1. Jahrh. n. Chr.) nutzte die Verbindung mehrerer Rollen ungleicher Größe zur Änderung der

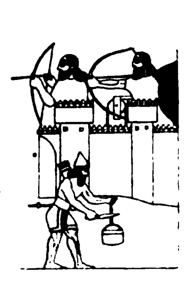


Abb. 268. Verwendung der Rolle
(bei den Assyrern zum Wasserschöpfen in einer belagerten Stadt).

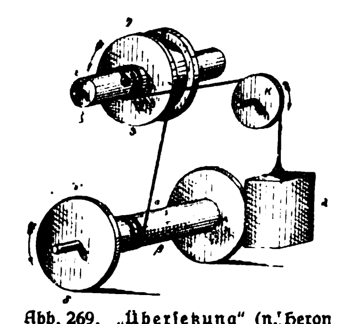


Abb. 269. „Übersetzung" (n. Heron von Alexandria).
Durch Verwendung verschieden großer Rollen wird eine Änderung der Geschwindigkeit erzielt.

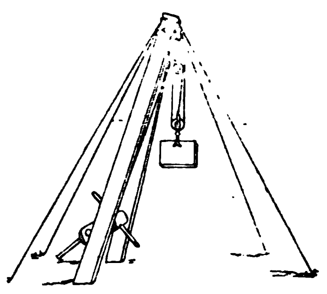


Abb. 270.
Römischer Flaschenzug
(nach der Beschreibung des Vitruv [X 2]).

Geschwindigkeit tanzender Figuren aus, verwendete also damit jene Einrichtung, die wir heute „Übersetzung" nennen. (Abb. 269.) Aus ihr ist der gleichfalls viel gebrauchte Flaschenzug hervorgegangen, der insbesondere bei den Römern häufig benutzt wird. (Abb. 270.) Vermutlich haben ihn auch schon die Ägypter gekannt,

wenigstens nimmt Arnondeau seine Verwendung bei der Aufrichtung der Obelisken an, in Übereinstimmung mit Kruseman, der der Ansicht ist, daß die Aufrichtung dieser Riesensteine mit Hilfe eines Flaschenzuges erfolgte, der an der Spitze eines Pylons angebracht war und dessen Seil um die Spitze des von einer hohen Böschung auf eine Sandschüttung hinabgelassenen Obelisken herumgeschlungen war. Wäre die Ansicht Krusemanns zutreffend, so würde das Hinaufbringen des Obelisken auf diese Böschung wiederum die Verwendung einer schiefen Ebene von seiten der Ägypter bedeuten. In römischer Zeit steht der Flaschenzug an Ölpressen, an den Maschinerien der Theater, in der Takelage der Schiffe usw. vielfach in Verwendung, ja man benützt ihn in den römischen Kaiserpalästen sogar dazu, Aufzüge und Fahrstühle zu betreiben. In dem auf dem Palatin ausgegrabenen 20 m tief liegenden sogenannten „Maschinensaal" fanden sich die Nischen, in denen sich die Aufzüge bewegten, und die Röhren und Rinnen, durch die die Rollen gingen. Je nach der Anzahl der am Flaschenzuge verwendeten Rollen unterscheidet Vitruv (X 2) Hebemaschinen (Flaschenzüge), die mit drei Rollen arbeiten, also „dreizügige" (Trispastos) und solche mit fünf Rollen, "fünfzügige" (Pentaspastos). Für große Lasten dient der „vielzügige" Flaschenzug (Polyspastos). Dieser letztere bietet den Vorteil dar, daß er nur an einem einzigen Baum befestigt zu werden braucht, da er infolge seiner vielen Rollen sehr leicht geht und rasch arbeitet. Er wird daher als Kran benutzt: „Der Umstand aber, daß nur ein Baum dabei aufgestellt ist, hat den Vorteil, daß man vorher, ehe man eine Last versetzt, die Maschine nach Belieben auf die rechte und linke Seite neigen kann" (Vitruv a. o. O. nach Reber). Die Hebemaschine ist dabei „bald aufrecht stehend, bald wagrecht auf Krandrehscheiben angebracht". Sie dient auch dazu, um Schiffe ans Land zu ziehen.

Eine besondere Abart der Rolle ist die durch Hebelwirkung in Bewegung gesetzte Winde, die gleichfalls eine viel benutzte Maschine darstellt, und an der, wie vielleicht am Flaschenzug, auch bereits zu römischer Zeit Drahtseile zur Verwendung kamen. In Pompeji hat man ein derartiges aus Bronzedraht hergestelltes Drahtseil aufgefunden.

In der Anwendung des Keils war man gleichfalls bei allen alten Völkern erfahren. Er diente zunächst schon in der Form zahlreicher Werkzeuge wie Meißel, Beil, Axt usw. usw. seit Urzeiten den mannigfachsten Zwecken. Dann sprengte man damit auch große Steine auseinander und erleichterte durch untergeschobene Keile den Transport sowie das Anheben von Lasten.

Die Überwindung der Reibung (Kufen, Räder u. Wagen).

Schon frühe verstand man es, die gleitende Reibung in eine rollende umzuwandeln. Bei den Ägyptern werden, wie schon erwähnt, die größten Kolosse auf einer Art von Schlittenkufen fortbewegt. Ob man hier Rundhölzer unterlegte, um die Reibung zu vermindern, mag dahingestellt bleiben, ebenso wie es zweifelhaft ist, ob die auf assyrischen Darstellungen sichtbaren unter ähnliche Kufen gelegten Hölzer als Rundhölzer aufzufassen sind (s. Abb. 271 u. 272, S. 214). Bei manchen spricht die Richtung, in der sie liegen, dafür, bei manchen aber dagegen. Sicher ist jedoch, daß einstmals aus dem zur Hervorbringung der rollenden Reibung, die den Transport so sehr erleichtert, benutzten Rundholz das Rad hervorgegangen ist. Mit dem Rade zugleich mußte aber auch der Wagen entstehen, dessen Gebrauch sich gleich dem des

A.

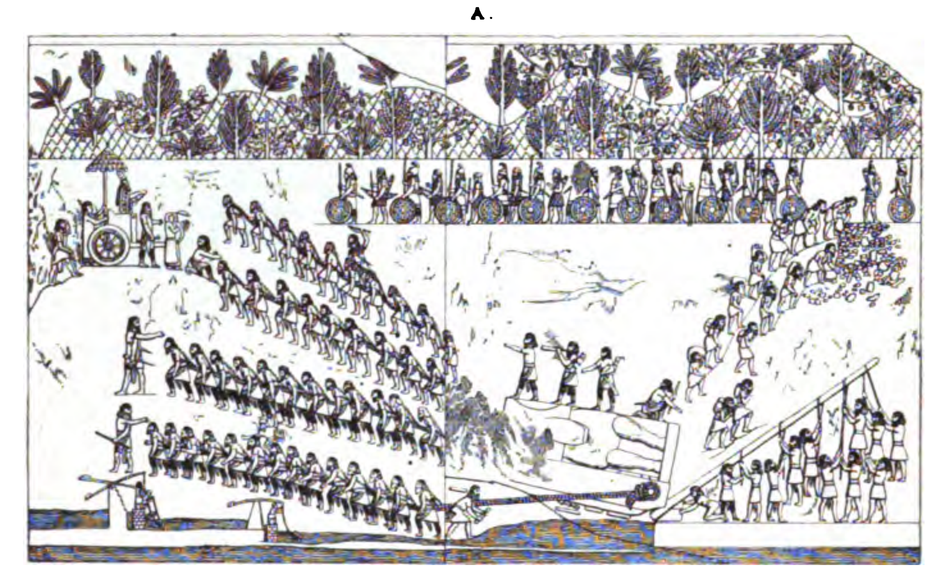


Abb. 271. Transport auf Kufen bei den Assyrern. Basrelief zu Kujundschik.

Die auf Kufen gestellte Last wird vorn gezogen, während hinten mittelst eines Hebebaums nachgewuchtet wird, dessen unteres Ende auf der einen Seite durch einen dagegen gestemmten Klotz am Abgleiten verhindert wird. Unter den Kufen Hölzer, wahrscheinlich Rundhölzer, die vermutlich dazu dienten, die gleitende Reibung in eine rollende zu verwandeln. Hierfür und für ihre Querlage spricht die Art, wie der Mann das Holz, das er unterlegen will, hält, und die perspektivische Verkürzung des hinter seinem Kopfe liegenden Holzes. Dagegen spricht die Lage der Hölzer dicht vor dem Hebelarm, bei denen jedoch auch Verdrehung und seitliches Herausgleiten angenommen werden kann. (Unten links das Schaduff [Abb. 257 S. 208].)

B.

Abb. 272. Transport eines auf Kufen gestellten Riesen-Bildwerkes bei den Assyrern. Basrelief zu Kujundschik.

Hinten Hebebaum, vor, hinter und unter den Kufen Hölzer (Rundhölzer), teils in Längs-, teils in Querlage.

Rades im Dunkel der Zeiten verliert. Die Wagen der Assyrer und Ägypter hatten Räder mit 6, 8 und mehr Speichen, während die besser gebauten Räder der Griechen nur mit 4 Speichen versehen waren. Das ursprünglichste Rad dürfte wohl

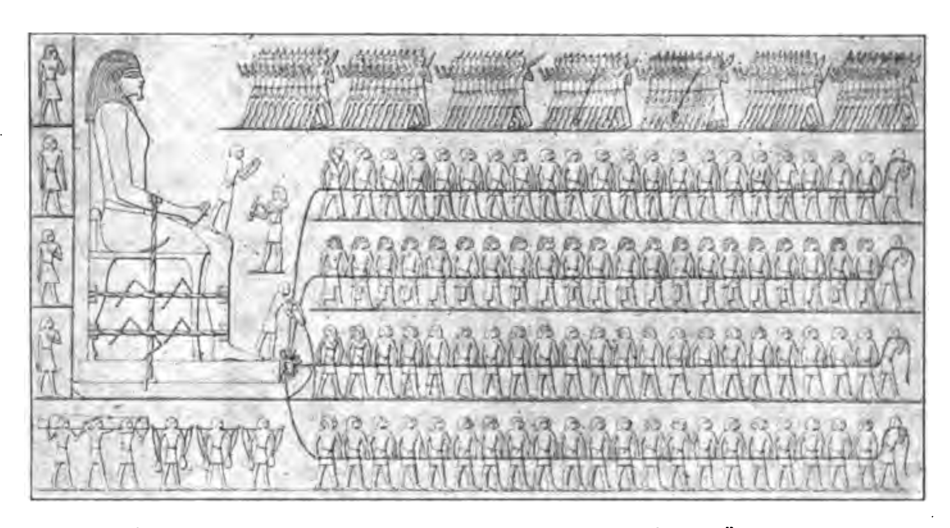


Abb. 273. Transport eines Denkmals auf Kufen bei den Ägyptern.

Hier fehlen die Rundhölzer, dagegen steht vorne ein Mann, der über das vordere Ende hinweg aus einem Gefäß Wasser auf den Weg (oder die künstlich hergestellte Gleitbahn?) gießt, um so die Reibung zu verringern. Altes Reich, 12. Dynastie. Um 2000 v. Chr. — Aus einem Felsengrab zu Berscheh.

eine einfache runde, ziemlich dicke Holzscheibe gewesen sein. Auch das Speichenrad war im Anfang aus Holz, dann aus Holz mit Metallbeschlag, bis es zuletzt vollkommen aus Bronze hergestellt wurde. Derartige erhalten gebliebene Bronzeräder haben



Abb. 274. Transport von Denkmälern auf Kufen bei den Ägyptern.

Bei den beiden Denkmälern links wird die scheinbar künstlich hergestellte Fahrbahn(?) mit Wasser begossen. Grabrelief. Leichenzug des Mata. — Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

runde Speichen und eine Felge, die mit tiefer Auskehlung versehen ist. In dieser wurden die Segmente des hölzernen Felgenkranzes mit Nieten befestigt. Der Radreifen, durch den der hölzerne Felgenkranz gebunden und gesichert wurde, befähigte das Rad erst, alle Hindernisse des Weges zu überwinden. Homer erwähnt bereits derartige bronzene Radreifen. Sie bestanden zuerst aus dicht eingeschlagenen Nägeln, deren

aneinander anschließende Köpfe die hölzernen Radfelgen schuppenartig bedeckten. Erst später wird der Radreifen aus einem Stück hergestellt und mit Hilfe einzelner Nägel eingeschlagen. Der Radreifen wird erst aus Bronze, später aus Eisen hergestellt.



Abb. 275. Transport eines Behälters auf Kufen. Aus dem Grabe des Zez-em-och. Abusir. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Der Wagenkasten ruhte bei den altägyptischen Streitwagen unmittelbar auf der Achse, die mit der beweglichen Deichsel verbunden war. (Abb. 277.) Der Radkranz war in der Regel aus 6 Felgenstücken zusammengesetzt, gewiß das einfachste Verfahren zu seiner Herstellung; wußte man doch damals bereits, daß sich der Halbmesser des Kreises 6 mal auf seinem Umfang abtragen läßt. Meist war jedes Felgenstück durch eine Speiche mit der Nabe verbunden, doch kamen, wie schon erwähnt, auch Räder mit mehr Speichen vor. Die Nabe war drehbar auf den runden Endzapfen der Achse aufgeschoben. Der Zapfen war durchbohrt und mit einem Durchstecker versehen, um das Abgleiten des Rades zu verhindern. Die Radachse war viereckig und gerade. An ihr war die Deichsel schief nach oben gehend befestigt. Sie trug zwei Jochsättel, an die die Pferde angeschirrt wurden. Außer diesen Wagen gab es für landwirtschaftliche und ähnliche Zwecke auch noch solche mit Scheibenrädern, die von Rindern gezogen wurden. Auch vierräderige Wagen, die jedoch in erster Linie für religiöse Zwecke Anwendung fanden, waren bekannt.



Abb. 276. Assyrischer Wagen mit achtspeichigem Rad.

Die Wagen der Griechen gleichen denen der Ägypter, doch gab es, ebenso wie bei den Persern und Römern, auch vierräderige Lastwagen; die von 64 Mauleseln gezogene „Harmamaxa", in der der Leichnam Alexanders des Großen (gest. 323 v. Chr.) von Babylon nach Alexandria geschafft wurde, war gleichfalls ein vierrädriger Wagen. Von den persischen Wagen ist besonders der als Kampfwagen benutzte Sichel-

wagen zu erwähnen, der jedoch ebenso wie andere Arten der Streitwagen von den Römern nicht gebraucht wurde. In römischer Zeit bedienten sich nur noch die unzivilisierten Völker, die Gallier, die Belgier, die Briten usw., der Streit-

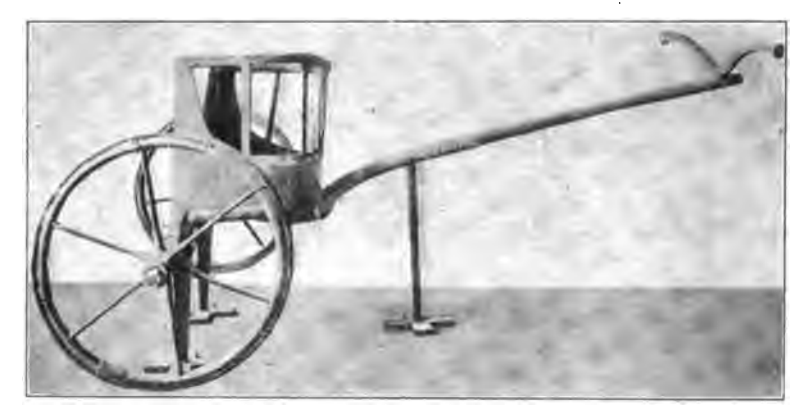


Abb. 277. Ägyptischer Wagen (Streitwagen). Länge 2,45 m. — Museum Kairo.

wagen. Die Zahl der römischen Wagenarten war eine sehr große. Sie wurden bald von zwei, bald von drei, bald von vier Pferden gezogen (Biga, Triga, Quadriga), die stets nebeneinander gespannt wurden. Man kannte auch die Hemmkette, das

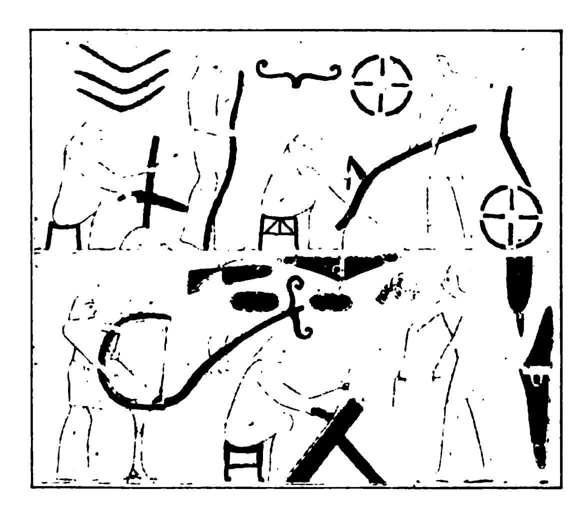


Abb. 278. Wagenbau bei den Ägyptern.
Obere Reihe: Sägen des Holzes, Zuhauen der Deichsel, Rad (hier vierspeichig, was bei den älteren ägyptischen Wagen sehr selten ist). Untere Reihe: Befestigung der Deichsel am Wagenkasten, Biegen und Zurichten von Holzteilen, Strecken von Zubehörteilen aus Leder über dem Bock.

„plaustrum", die durch das Hinterrad geschlungen wurde, das man durch sie an das Wagengestell ankettete und dadurch an der Drehung verhinderte. Gewöhnlich verfuhr man dabei so, daß man die Kette zwischen zwei Speichen um die Felge legte. Die Felge wurde nicht immer gebogen ausgeschnitten, sondern künstlich gekrümmt, wobei



Abb. 279. Griechischer Wagen mit vierspeichigem Rad. Vasenbild. Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

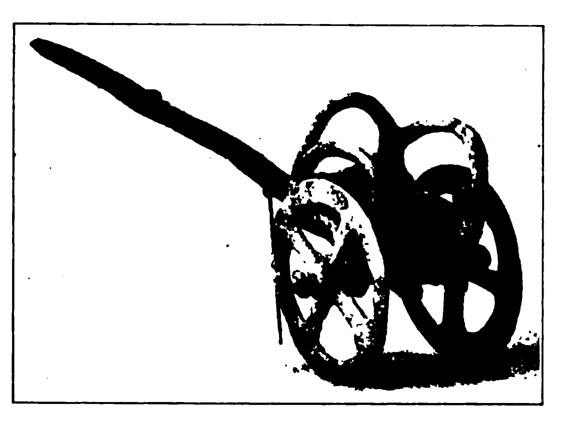


Abb. 280. Zweirädriger bronzener griechischer Wagen mit vierspeichigem Rad (Modell oder Kinderspielzeug.) — Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

man das Holz, um seine Fasern zu erweichen, in heißes Wasser legte, ein Verfahren, das aus sehr alter griechischer Zeit zu stammen scheint, wenigstens läßt die Stelle im Homer (Ilias IV 486) darauf schließen:

„Daß er (der Wagen) zum Kranz des Rades sie (die Pappel) beug'
am zierlichen Wagen."

Zahnräder und ihre Anwendung.

Aus dem Rad ist dann auch eine der wichtigsten einfachen Maschinen, das Zahnrad hervorgegangen. Greifen zwei Zahnräder mit ihren Zähnen ineinander ein, so erfolgt beim zweiten die Drehung stets im entgegengesetzten Sinne wie beim ersten. Wann man von dieser Vorrichtung zuerst Gebrauch gemacht hat, hat sich bis jetzt ebensowenig ermitteln lassen, wie ob Aristoteles (384—422 v. Chr.). Zahnräder meint (wie Beck und Pregél vermuten), wenn er in seinen „Mechanischen Problemen" von „Werkzeugen" spricht, „die viele Kreise zu gleicher Zeit in Bewegung setzen, mittels eines einzigen, wie jene Weihgeschenke in den Tempeln, Drehräder von Erz oder Eisen, wo wenn der Kreis A B vorwärts gedreht wird und den C D berührt, dieser rückwärts, und zugleich aus gleicher Ursache der E F wieder nach der ersten Richtung bewegt wird, und so weiter fort, wenn noch mehrere dergleichen vorhanden sind" (Poselger). Sehr viele Gründe sprechen dafür, daß es sich hier wirklich um Zahnräder handelt.

Vitruv hingegen erwähnt des öfteren das Zahnrad, das von Heron von Alexandria in sehr hübscher Weise dazu ausgenutzt wird, einen Registrierapparat für Taxameterwagen zu bauen, der dazu dienen soll, die zurückgelegte Wegstrecke zu messen. Bei diesem Registrierapparat (Abb. 281) greift ein an der Radachse angebrachter Zapfen (auf der Zeichnung ganz unten rechts) bei den Drehungen der Achse in die Zapfen bei E Z und bewegt diese. Die Drehung überträgt sich durch Schrauben ohne Ende und Zahnräder bis an den Zeiger oben bei T Δ. Je mehr man Zahnräder anbringt, eine desto größere durchlaufende Strecke gibt der Zeiger bei einer seiner Umdrehungen an. Bei jedem völligen Umlauf des Zeigers wird eine bestimmte vom Wagen zurückgelegte Strecke angezeigt. Die kleinen Zeiger an der linken Seitenwand dienen dazu, noch Unterteile dieser Strecke messen zu können. Im übrigen macht Hero von den Zahnrädern auch bei seinen Automaten bzw. Automatentheatern mannigfachen Gebrauch, wo er z. B. die Arme von Figuren durch sie und Hebeleinrichtungen in Bewegung setzt. (Abb. 282 S. 220.) Des weiteren finden wir sie in seinen Schriften zusammen mit der Winde an einer für den Gebrauch in Tempeln bestimmten Vorrichtung (Abb. 283 S. 220), bei der ein Vogel sich dreht und dabei singt usw. usw.

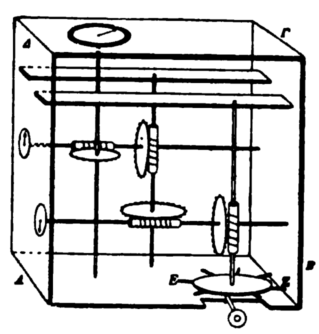


Abb. 281. Taxametereinrichtung (nach Heron von Alexandria). Mit Zahnrädern und „Schnecken" (Schrauben ohne Ende).

Im übrigen beschreibt auch Vitruv einen Zählapparat zur Messung des zurückgelegten Weges, bei dem anstatt des von Hero angewendeten Zeigers Steine dazu dienen, die Länge der durchfahrenen Wegstrecke festzustellen: „An die Nabe eines Wagenrades wird ein kleines einzähniges Rädchen befestigt, welches in ein 400zähniges Rad eingreift. An dieses ist ein Daumen oder Finger festgemacht, welcher in einer wagerechten Scheibe einsetzt, die ebensoviel Löcher als Zähne besitzt. Diese Scheibe dreht sich auf dem Deckel eines Gehäuses, in welchem ein einziges Loch vorhanden ist, durch welches Steinchen fallen können, sobald die im Kreise angeordneten Löcher der drehbaren Scheibe über dieses Loch treffen. Je nach der Länge der voraussichtlichen Reise

richtet sich die Anzahl der mit Steinkugeln zu belegenden Löcher. Haben nun die Wagenräder 4,0 Fuß Durchmesser, so daß dieses Rad bei jeder Umdrehung 12,5 Fuß

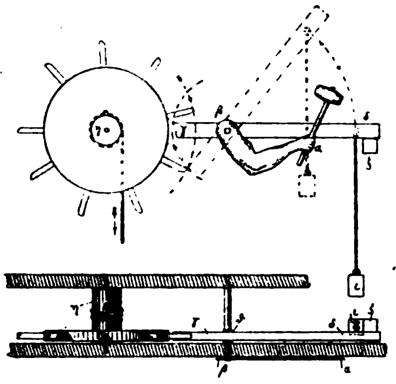


Abb. 282. Ein durch ein Zahnrad bewegter Arm für Automatentheater (nach Heron von Alexandria).

Das Zahnrad ist hier auf eine Welle aufgeteilt (sog. „Daumenrad"). Bei der durch ein Gewicht bewirkten Umdrehung der Welle drückt es das Hebelende γ nieder. Nachdem der Zapfen (Daumen des Rades) an γ vorbeigeglitten, wird γ durch das am längeren Hebelarm $\beta\,\varepsilon$ eingreifende Gewicht ι wieder in die alte Stellung gebracht, worauf der nächste Daumen γ wieder niederdrückt usw. Dadurch macht der Arm $\beta\,\alpha$ eine hämmernde Bewegung. (Unten Skizze von oben gesehen.)

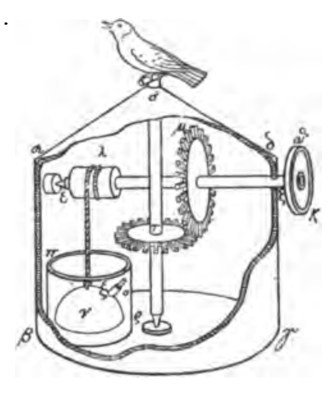


Abb. 283. Zahnräder und Winde (nach Heron von Alexandria).

Die Vorrichtung ist ein Vogel, der sich dreht und pfeift, sobald man am Rade $\vartheta\,\varkappa$ dreht. Das Pfeifen kommt dadurch zustande, daß der durch die Drehung an $\vartheta\,\varkappa$ in die Höhe gezogene Windkessel ν beim Loslassen von $\vartheta\,\varkappa$ vermöge seiner Schwere in das mit Wasser gefüllte Gefäß $\pi\varrho$ fällt. Dadurch wird die in ihm enthaltene Luft durch die Pfeife $\xi\,o$ herausgepreßt.

zurücklegt, so wird dieses Rad bei 400 Umdrehungen 12,5 . 400 = 5000 Fuß oder eine römische Meile Weg zurücklegen, wobei allemal eine Steinkugel ins Zählgefäß fallen wird."

Göpelrad und Tretrad.

Besondere und maschinell sehr wichtige Anwendungsformen des Rades waren das Göpelrad und das Tretrad. Das Göpelrad wird von Vitruv erwähnt, der

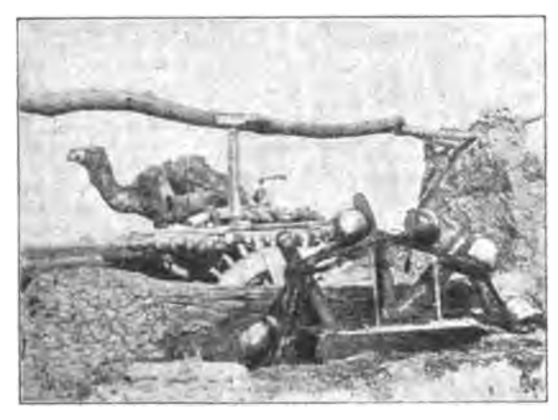


Abb. 284. Göpelwerk. Bestehend aus zwei Zahnrädern, in deren Umfang Zapfen hineingesteckt sind. An einem Schöpfwerk am Nil — eine Ausführung, wie sie in genau gleicher Art bei den alten Ägyptern im Gebrauch war.

den Göpel oder die Erdwinde (ergata) sehr wohl von der Haspel (cula) zu unterscheiden weiß, von denen die erstere einen senkrecht gestellten, die letztere einen wagerecht liegenden Wellbaum hat. Der Göpel findet besonders in den römischen Mühlen Anwendung, wo er entweder von Menschen oder von Tieren, insbesondere Eseln gedreht wird. Bei den altägyptischen Göpeln findet sich die älteste Form des Zahnrads, ein Holzrad, in dessen Umfang man Pflöcke hineinsteckte.



Abb. 285. Göpelrad
(Zahnrad: wagerechtes Rad mit Zapfen am Umfang) und Becherwerk nach Art der bei den alten Ägyptern gebräuchlichen.

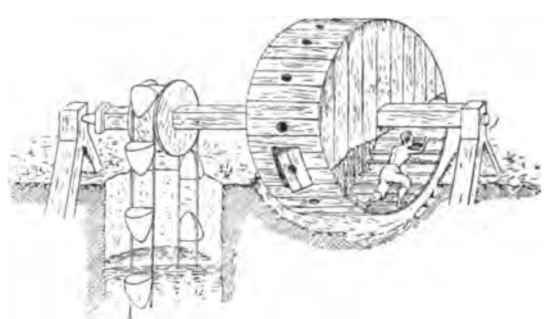


Abb. 286.
Tretrad in Verbindung mit Becherwerk (Paternosterwerk).

Das Tretrad diente zur Wasserhaltung, zum Bewegen von Lasten, dann aber auch zum Aufrichten von Säulen und Gegenständen ähnlicher Form. Im Amphitheater von Capua befindet sich heute noch ein Relief, das ein Tretrad darstellt, in dem zwei nackte Jünglinge laufen. Durch die Bewegung des Rades wird ein Seil emporgewunden, das über eine Rolle geht, die in einem Balkengerüst hängt. An dem Seil ist oben eine schwere Säule befestigt. Ein Jüngling meißelt daneben ein Kapitell aus, Minerva hält schützend ihre Hand über das Ganze. Im übrigen erwähnt auch Philon von Byzanz (um 250 v. Chr.) die Verwendung des Tretrades zum Wasserschöpfen.

Die Elastizität und ihre Ausnützung. Bogen, Armbrust und Geschütze.

Die Eigenschaft der Elastizität der Körper nützte man im Altertume vor allem bei mechanischen Vorrichtungen aus, die für Kriegszwecke dienten. Der einfache Bogen ist fast überall auf Erden die älteste aller Schußwaffen. Bei ihm wird die Elastizität des Holzes dazu benutzt, den Pfeil in die Ferne zu senden. Zu Homers Zeiten spielt der Bogen freilich eine noch verhältnismäßig untergeordnete Rolle. Er tritt in den trojanischen Kämpfen gegen die anderen Waffen zurück. Der Holzbogen wurde im Altertume für gewöhnlich aus Eibenholz, taxus, hergestellt (nach H. Menges Vermutungen sind τόξον und taxus stammverwandt). Neben dem ge-

wöhnlichen Holzbogen (Abb. 287) gab es aber noch leistungsfähigere Bogen, die in besonderer Weise zusammengesetzt waren. Einen solchen zusammengesetzten Bogen führte — allerdings nicht immer — Odysseus. Sein Bogen, den er einst als Gastgeschenk von Iphitos (Homer Odyssee XXI 13) erhalten hatte, war aus Horn hergestellt, sorgfältig geglättet, von „zierlicher Krümmung" und so groß, daß er nicht irgendwo niedergelegt, sondern auf die Erde gestellt und an die Pforte gelehnt wird. Bei Nichtgebrauch kommt er in eine glänzende Scheide, in der er an einem Pflock aufgehängt wird. Da er bespannt werden soll, reibt man ihn mit Talg ein und erwärmt ihn über dem Feuer. Aus den Ausführungen Homers geht des weiteren hervor, daß der Bogen in entspanntem Zustand aufbewahrt wird und daß er erst vor dem Schuß mit der Sehne zu bespannen ist. Dies geschieht dadurch, daß man die am unteren Ende des Bogens befestigte Sehne in das obere Ende einhängt (ἐντανύειν). Hierzu muß der Bogen gespannt werden (τιταίνειν). Dann erst, wenn die Sehne eingehängt ist, folgt das Ansetzen des Pfeiles und das abermalige Spannen zum Schuß. Aus einer anderen Stelle des Homer (Ilias IV 105) geht hervor, daß als Horn „des üppigen Steinbocks schönes Gehörn" verwendet wurde. Nach den Berechnungen von Heilborn über die Größe dieses Gehörns und des Abfalls geht hervor, daß ein solcher, aus zwei in der Bogenmitte verbundenen Hornstücken zusammengesetzter Bogen die beträchtliche Länge von etwa 2 m gehabt haben dürfte. War der gewöhnliche Holzbogen die einfache Waffe, so war der zusammengesetzte die bessere, leistungsfähigere, deren Handhabung allerdings auch eine größere Fertigkeit erforderte. Schon die Ägypter benutzten lange vor Homer derartige zusammengesetzte Bogen. (Abb. 288.) Ein solcher ist z. B. aus der Zeit Ramses II., also aus dem 13. Jahrhundert v. Chr. erhalten; ein anderer stammt aus einem ägyptischen Grabe aus dem 7. Jahrhundert v. Chr., also aus nachhomerischer Zeit. Die größte Schwierigkeit bei der Handhabung derartiger zusammengesetzter Bogen machte nun das Bespannen, weshalb die schlaue Penelope gerade diese Arbeit von den Freiern verlangte. Der zusammengesetzte Bogen, der aus Asien stammt und von einzelnen der dortigen Völker auch jetzt noch



Abb. 287. Altgriechischer gewöhnlicher Holzbogen, der „eigentlich griechische Bogen". In der Sonderzeichnung sind die Enden zu stark aufgebogen.

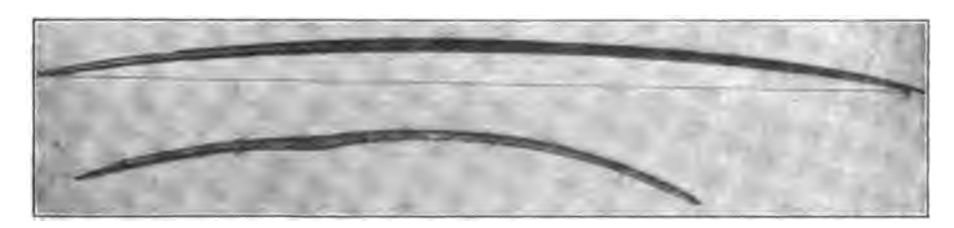


Abb. 288. Ägyptische Bogen.
Oben einfacher (Sehnenlänge 1,49 m), unten kunstvoll zusammengesetzter Bogen (Sehnenlänge 1,05 m). Aus Gräbern in Theben. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

geführt wird (Abb. 289), die ihn gleichfalls aus Horn herstellen, ist nämlich „reflex", d. h. er biegt sich beim Entspannen gerade nach der entgegengesetzten Seite um. Beim Spannen muß er aus dieser Krümmung zunächst gestreckt und dann über die Wagerechte hinaus wieder im entgegengesetzten Sinne gekrümmt werden. Hierzu gehört zwar Kraft; vor allem muß man aber auch mit dem dabei anzuwendenden Trick Bescheid wissen, den die Freier nicht kannten, während Odysseus als Eigentümer des Bogens wohl damit vertraut war. Wie ein solcher Bogen zu bespannen ist, beschreibt Buchner: „Man hängt dabei zunächst die eine Sehnenöse in den oberen, dafür bestimmten Einschnitt des Bogens und hält mit der Rechten die Sehne dort fest. Der Rücken des Bogens sieht nach unten. Dann steigt man mit dem rechten Bein zwischen den Bogen und die Sehne, legt die untere Bogenhälfte über das linke Knie, das jetzt den Gegendruck übernimmt, und führt mit der freigewordenen Linken die untere Öse in den unteren, dafür bestimmten Einschnitt am Bogenende". Wahrscheinlich war diese Art, zu bespannen, sagt Buchner, „die zugleich die türkische sein muß, auch bei den alten Griechen üblich, die (in späterer Zeit) ähnliche Bogen hatten". Die eben erwähnte Bespannungsweise kann man, wie Buchner hervorhebt, auch im Sitzen anwenden, wie es Odysseus getan haben dürfte. In Übereinstimmung mit diesen Ausführungen gehen die eines Anonymus in der „Täglichen Rundschau" vom 22. 6. 1914, bei denen es sich um das Spannen eines derartigen zusammengesetzten Bogens, der aus Holländisch-Indien stammte, handelt. Die Sehne war dick und fest, aus Tierdarm gedreht. „Gefertigt war der Bogen aus schwarzem Horn, etwa 5—6 cm breit und etwa 1 cm dick (bei einer Länge von 150 cm). In der Mitte war ein 10—12 cm langes und 4—5 cm dickes rundes Holz als Griff, an diesem Holze waren die beiden langen

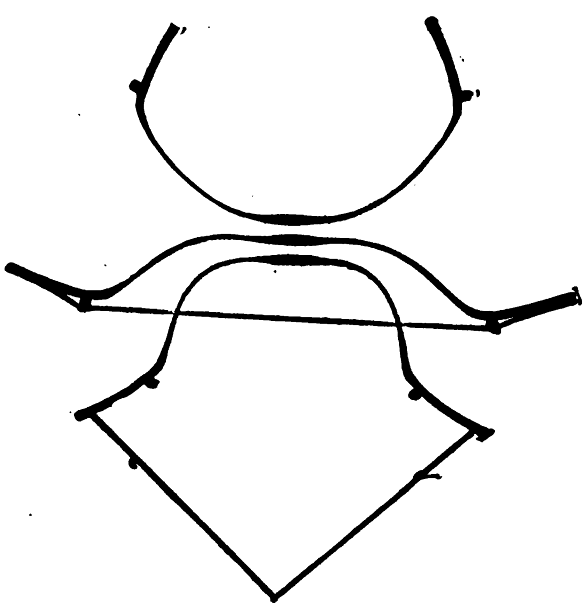


Abb. 289. Griechischer zusammengesetzter „reflexer" Bogen. Oben entspannt, in der Mitte bespannt, unten zum Schusse gespannt.



Abb. 290. Griechischer Bogenspanner, den reflexen Bogen spannend. — Vasenbild.

Hornstücke mit zwei Eisenringen befestigt. Außerdem war der Griff mit feinen Fäden kunstvoll umschlungen." Die Sehne hatte an beiden Enden je eine Schlinge. Der Versuch, den Bogen zu spannen, mißlang zuerst vollständig. Er glitt unter den Händen durch, drehte sich und nahm dabei wieder die alte Form an. Erst wenn man ihn auf Ober- und Unterschenkel fest auflegte, ließ sich die Sehne leicht in die Kerbe einhängen. Nur wer diesen Kunstgriff kannte, vermochte den Bogen zu spannen, wozu weniger Kraft gehörte als zum Schießen. Zur Hervorbringung der hierzu nötigen Spannung war eine volle Manneskraft erforderlich, und dann flog der Pfeil über 30 m weit. Da die treibende Kraft schon bei geringer Mehrspannung des Bogens beträchtlich wächst, so vermochten geübte und starke Bogenschützen mit derartigen zusammengesetzten Bogen, die allmählich in Griechenland die Holzbogen vollständig verdrängten ganz beträchtliche Schußleistungen zu erzielen. Der Pfeil des zusammengesetzten Bogens fliegt 900 m weit und vermag, wie aus Untersuchungen über den gleichfalls aus Horn zusammengesetzten Bogen der Siouxindianer bekannt ist, einen Bison vollkommen zu durchbohren, eine Leistung, gegen die der schwere Coltrevolver der amerikanischen Armee nicht aufzukommen vermochte.

Darstellungen einfacher und zusammengesetzter Bogen sind uns aus assyrischen, babylonischen, ägyptischen und griechischen Bildern in Menge erhalten, darunter auch solche, die das Spannen des zusammengesetzten Bogens zeigen.

Aus dem Bogen hat sich dann in folgerichtiger Entwicklung die Armbrust herausgebildet, die bereits den alten Griechen bekannt war, und zwar in Form der „Windenarmbrust", in späterer Zeit auch „Bauchspanner" genannt, weil man sie beim Spannen mit dem Vorderende des Laufes gegen den Boden stemmt, während man mit dem Bauche gegen das hintere drückt, um die Waffe während des Spannens in ihrer Stellung zu fixieren. Eine Beschreibung dieser auch im Mittelalter so viel gebrauchten Armbrust erübrigt sich wohl, da die Einzelheiten ihres Baues und ihrer Handhabung ja als bekannt vorausgesetzt werden können. Auch hier ist es die Elastizität des in ein Gestell eingespannten Bogens, die das Geschoß, einen Pfeil, gegen das Ziel treibt.

Noch gewaltiger als die auch vom Standpunkt unserer heutigen Ballistik geradezu staunenswerten Leistungen der antiken Bogen sind die der alten Geschütze, deren Wirkung gleichfalls auf der Ausnützung der Elastizität beruht, wobei die Spannung in der Regel durch Verdrehen eines mehrfach geschlungenen Seiles hervorgebracht wird. Die gleiche Art der Verdrehung nützen wir auch jetzt noch an den Sägen aus. Auch im Altertume wurden ja die Sägen bereits in der gleichen Weise gespannt. Beim Entspannen einer solchen Säge schlägt das in das verdrehte Seil eingeklemmte Holzstück mit gewaltiger Kraft gegen den mittleren Sägebalken. Eine einzige Verdrehung mehr steigert diese Kraft um ein beträchtliches. In den antiken Geschützen, die man unter der Bezeichnung „tormenta"[1]) zusammenzufassen pflegt, wurde diese Spannung durch die Anwendung von Hebeln und Winden ganz außerordentlich gesteigert.

Wenn auch die Ausnützung derartiger Geschütze bei den Römern ihren Höhepunkt erreichte, so sind sie doch zweifellos schon von den Völkern des Orients verwendet worden. Im 2. Buch Chronik 26, 15 heißt es von Usia, König von Juda (779—740 v. Chr.): „Und machte zu Jerusalem Geschütze künstlich, die auf den Türmen und Ecken sein sollten, zu schießen mit Pfeilen und großen Steinen".

---

[1]) Ballisten, Katapulte usw. usw. sind vielgebrauchte Bezeichnungen für derartige Geschütze, die jedoch nichts Kennzeichnendes enthalten.

Der wichtigste Bestandteil aller dieser alten Geschütze ist der zusammengedrehte Strick, das „Nervenbündel". Man kann nach der Zahl dieser Nervenbündel Geschütze mit einem Arm und einem Nervenbündel und solche mit zwei Armen und zwei Nervenbündeln unterscheiden. Da Hanf und Flachs, das gewöhnliche Material zur Herstellung der Stricke, aus der Luft Feuchtigkeit anziehen und bei Regen große Mengen davon aufsaugen, wodurch sich ihre Länge und damit auch die Torsionsfähigkeit ändert, so nahm man zur Herstellung des Nervenbündels in der Regel Material, dessen Empfindlichkeit gegen die Nässe weniger störte. Als solches kamen vor allem Tiersehnen in Betracht, dann aber Roßhaare und Frauenhaare. Die Spannung kann durch Verdrehen allein herbeigeführt werden. Um jedoch nicht erst mit längerem Verdrehen Zeit und Kraft zu vergeuden, spannte man das Nervenbündel schon von vornherein durch Anziehen der Stricke möglichst stark. Man verfuhr dabei wahrscheinlich in der Weise, die auch bei den Rekonstruktionen auf der Saalburg angewendet wurde, daß man den Strick innerhalb eines entsprechenden Rahmens mit dem einen Ende an einem Bolzen festband. Dann zog man ihn über Bolzen und durch Öffnungen so lange hin und her, wobei man stets mit aller Kraft spannte, bis der Strick zu Ende war, worauf man auch das zweite Ende festband.

Unter den antiken Geschützen ist vor allem der Einarm (μονάγκων, onager, d. h. „Waldesel", ein Soldatenwitz, da der Waldesel mit den Hinterhufen ausschlägt und dabei Erde und Steine schleudert, auch scorpio wegen des nach oben gebogenen, dem Schleuderarm des Geschützes ähnlichen Stachelteils dieses Tieres) in der Beschreibung von Ammianus Marcellinus (gest. etwa 400 n. Chr.; XXIII 4, 4 ff.) in allen seinen Einzelheiten genau überliefert. Es bestand nach den sorgfältigen und klassischen Untersuchungen von Schneider, denen wir in den nachstehenden Ausführungen folgen, aus einem Untergestell, das aus zwei starken wagerechten Balken aus Eichenholz hergestellt war, die durch Querhölzer fest miteinander verbunden wurden „wie die Kufen an einem Dreschschlitten" (hique in modum serratoriae machinae connectuntur), die Balken sind in der Mitte buckelartig erhöht. An diesen Stellen werden die Löcher durchgebohrt, um den wagerechten Spannerven aufzunehmen, der über die außen vorgelegten Spannbolzen in der schon geschilderten Weise straff hin- und hergezogen wird. Mitten in diesem Spannervenbündel steckt ein hölzerner Arm, der für gewöhnlich schräg emporsteht und sich sowohl rückwärts nach unten wie vorwärts nach oben bewegen läßt. An ihm sitzt oben die Schleuder, eine aus Stricken gebildete Schlinge, in welcher der als Geschoß dienende Stein liegt. Der Schleuderarm kann durch eine Winde nach rückwärts bewegt und in dieser Stellung durch einen Riegel festgehalten werden. Beim Zurückwinden wird das bereits auf das höchste gespannte Nervenbündel noch weiter gespannt. Schlägt man nun den Riegel heraus, so reißt das Nervenbündel den Schleuderarm nach vorne, der an ein durch ein Kissen vor dem starken Anprall geschütztes Wider-



Abb. 291.
„Onager" (Einarm, Riesenschleuder).
Beim Spannen des Schleuderarms.
Rekonstruktion von Schramm.

lager schlägt. Infolge des physikalischen Gesetzes der Trägheit behält die Schleuder auch nach dieser plötzlichen Hemmung des Schleuderarms die einmal angenommene Bewegung bei: der Stein fliegt in hohem Bogen gegen das Ziel. Die plötzlich gehemmte Bewegung aber führt zu einem Rückstoß, der es notwendig machte, das Geschütz auf eine gegen Druck nachgiebige Unterlage zu stellen, also auf eine Bettung aus Rasenstücken oder Luftziegeln. Eine Bettung aus festem Stein wäre durch den Rückstoß zersprengt worden. Der Einarm ist neben anderen Geschützen von Schramm rekonstruiert worden. Die Torsion des Spannervenbündels, die bei den sogleich zu besprechenden zweiarmigen Geschützen einen Anfangsdruck von 12 000 kg hat, wurde bei dem großen Onager auf der Saalburg auf 60 000 kg gesteigert, so daß sie der Zugkraft einer besonders starken Lokomotive gleichkommt. Mit diesem Anfangsdruck gelang es bei Schießversuchen, eine Steinkugel von 2 kg Gewicht auf 350 m zu schießen.



Abb. 292. Onager. Rekonstruktion von Schramm. Gespannt und zum Schusse fertig.

Aus dem Einarm ging dann, indem man statt der Elastizität eines einzigen Spannervenbündels die von zweien ausnützte, der „Zweiarm", das zweiarmige Geschütz, hervor, das entweder Pfeile (ὄργανα ὀξυβελῆ) oder Steine (λιθοβόλα) schießen kann. Es gibt also zwei Arten von zweiarmigen Geschützen, die leichteren, die Pfeilgeschütze oder „Euthytona" (εὐθύτονα), und die schweren, die Steingeschütze oder „Palintona" (παλίντονα), so daß man also auch im Altertum bereits eine leichtere und eine schwere Artillerie kannte. Die Pfeilgeschütze der leichten Artillerie sind leichter gebaut, sie brauchten weniger Kraft zum Spannen. Die Steingeschütze haben kräftigeren Bau, sind hinten nochmals besonders gestützt und werden nicht durch Menschenkraft, sondern mit Hilfe von Winden oder Flaschenzügen gespannt.

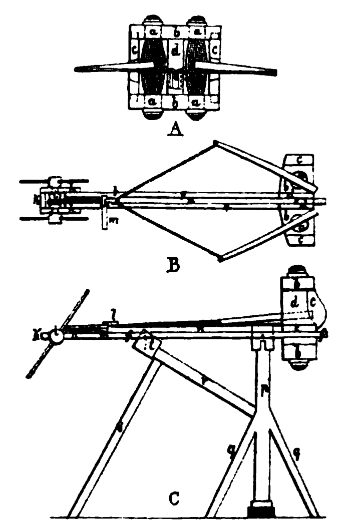


Abb. 293. „Zweiarm" (nach der Beschreibung des Vitruv X [10])
f Läuferbahn mit Leisten g zu beiden Seiten; h i k Haspel zum Spannen; m l Abzugsvorrichtung; n Läufer, auf den der Pfeil gelegt wurde; b c d Spannrahmen; a a die beiden Nervenbündel; p q Gestell (Lafette); r s t Gegenstütze (wenn beweglich event. Richtmaschine).

Die zweiarmigen Geschütze sind keine Armbrüste, obschon ihr Aussehen dazu verführen kann, sie für solche zu halten. Der Unterschied zwischen Armbrust und zweiarmigem Geschütz besteht darin, daß die Armbrust einen verbesserten Bogen darstellt. Bei

ihr wird das Geschoß durch die Elastizität des Bogens geschleudert. Das zweiarmige Geschütz, der „Zweiarm", ist hingegen ein verbesserter Einarm: das Geschoß wird durch die Spannkraft des Nervenbündels vorwärts getrieben. Es ist überhaupt kein zusammenhängender Bogen vorhanden, die zwei Bogenhälften stehen in keinerlei Zusammenhang miteinander, jeder wirkt für sich. Die Bogenhälften haben nur den Zweck, die Kraft der beiden Nervenbündel auf die Sehne zu übertragen. Während beim Spannen der Armbrust der Bogen gespannt wird, wirken beim Spannen des zweiarmigen Geschützes die beiden Bogenhälften lediglich als Hebel, die die Spannkraft auf die Nervenbündel übertragen.

Die zweiarmigen Geschütze sind mit Einrichtung zum Visieren, zum Höher- und Tieferstellen, zum Schwenken in wagerechter Richtung ausgestattet, so daß sie also leicht, bequem und genau gerichtet werden konnten. Infolgedessen war auch, wie z. B. Scipio (Bellum afric. XXIX 4) bezeugt, ihre Treffsicherheit eine große. Bei den von Schramm rekonstruierten Geschützen betrug die Schußweite bei Verwendung einer einpfündigen Bleikugel 300 m. Vier Pfeile, die wie die alten griechischen „4 Spithamen" (88 cm) lang waren, durchschlugen „einen eisenbeschlagenen 30 mm starken Schild so, daß der Pfeil auf seine halbe Länge (44 cm) den Schild durchdrang, also den Schildträger außer Gefecht gesetzt haben würde" (Schramm).

Trotz dieser vorzüglichen Leistungen hatten die alten Geschütze ihre Mängel, deren größter darin bestand, daß die Spannkraft des Nervenbündels infolge der Dehnung, der es ständig ausgesetzt wurde, nachließ. Philon von Byzanz (um 230 v. Chr.) verbesserte deshalb die Konstruktion. Seine im 4. Buche der „Mechanica syntaxis" beschriebenen Neukonstruktionen bestehen zunächst im sogenannten „Keilspanner", bei dem die Spannerven durch eingetriebene Keile die nötige Spannung erhalten. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß auf diese Weise ein Nachlassen der Spannkraft sehr gut kompensiert werden kann. Noch besser erscheint der Erzspanner, „Chalkotonon" (χαλκότονον), bei dem anstatt der so mangelhaften Spannnerven „Erz", also Metall, Verwendung findet. Trotz dieser guten Gedanken scheint es sich hier doch um Erfindungen zu handeln, die lediglich auf dem Papier stehen, denn keine Quelle des Altertums sagt uns, daß der „Keilspanner" und der „Erzspanner" jemals praktische Verwendung gefunden hätten. Sie wurden von Schramm rekonstruiert, ergaben aber gegen die alten Geschütze keine besseren Resultate. Wenn sie überhaupt jemals ausgeführt und benutzt wurden, so dürfte ihr Wert wohl mehr in der gleichmäßigeren von der Witterung unabhängigen und länger in gleichmäßiger Weise vorhaltenden Leistung gelegen haben als in ballistischen Erfolgen. Eine weitere Erfindung auf dem Gebiete des antiken Geschützwesens rührt von Ktesibios (wahrscheinlich 2. Jahrhundert v. Chr.) her. Es ist der Luftspanner (ὁ κληθεὶς ἀεροτόνος) (siehe Abb. 294 S. 228 oben), bei dem die Bogensehne durch Büchsen gespannt wurde, in denen sich ein Kolben auf und nieder bewegte, der die Luft komprimierte. Philon lobt diesen Luftspanner, eingeführt hat er sich scheinbar gleichfalls nicht. Die Rekonstruktion Schramms ergab keine besonderen Leistungen.

Wichtiger als diese Geschütze erscheint der Mehrlader, „Polybolos" (πολυβόλος), erfunden von Dionysios von Alexandria, also gewissermaßen ein Maschinengewehr, bei dem das Spannen durch Drehen an einer Kurbel geschieht. Die Kurbeldrehung legt außerdem automatisch für jeden Schuß einen Pfeil auf. Die Pfeile kommen aus einem über der Pfeilrinne liegenden Trichter und gleiten von hier aus auf eine Walze, die durch die Kurbel gedreht wird. Die Walze hat oben einen Ausschnitt, der den Pfeil aufnimmt. Beim Drehen kommt dieser Ausschnitt nach unten,

wodurch dann der Pfeil auf die Pfeilrinne aufgelegt wird. Der Mehrlader wurde von einem einzigen Manne bedient. **Philon** lobt ihn; wieweit er sich einführte, ist unbekannt. Die Rekonstruktionen ergeben eine überraschende Treffsicherheit. Der

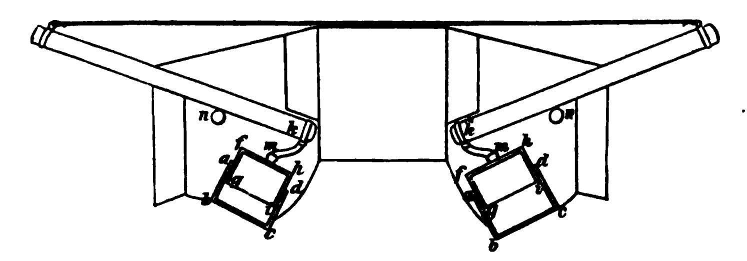


Abb. 294. Der „Luftspanner" des Ktesibios.

In den Zylindern a b c d können sich die Kolben f g h i luftdicht auf- und abwärts bewegen. Werden sie in die Zylinder hineinbewegt, so pressen sie die in diesen eingeschlossene Luft zusammen. An den Kolben sind mittelst der Verbindungsstücke k m Arme angelenkt, die um die Achsen n drehbar und an ihrem oberen Ende durch die zum Fortschleudern der Geschosse dienende Sehne verbunden sind. Beim Anziehen der Sehne schoben sich die Kolben in die Zylinder hinein, beim Loslassen schnellten sie durch den Druck der gepreßten Luft nach außen und schnellten die Sehne mit großer Gewalt gegen das Geschoß, das infolgedessen in weitem Bogen dahinflog.

Fehler liegt darin, daß alle Pfeile nach derselben Stelle geschossen werden, so daß kein „Streuen" stattfindet. Unter Umständen kann dies jedoch von Nutzen sein, z. B. wenn es sich darum handelt, den Feind am Betreten von Sturmleitern, Dämmen, am Herausdringen aus Toren usw. usw. zu verhindern.

Für die Kenntnis der antiken Konstruktionstechnik ist es wichtig, daß **Vitruv** (X 10) bei der Beschreibung der Geschütze bereits das Konstruktionsverfahren mit den Verhältniszahlen anwendet; alle Maßverhältnisse des Pfeilgeschützes sind auf die angegebene Länge des Pfeilschaftes = 1 bezogen; daraus ergibt sich die Bezugseinheit

$$d = (1:9)\, l,$$

die zugleich die Bohrung der Spannlöcher ist.

Hydraulik.

Auf dem Gebiete der **Hydraulik** ist es vor allem der **Heber**, dessen man sich im Altertum, und zwar sowohl in der Form des Saug-, des Stech- wie des Druckhebers zu den mannigfachsten Zwecken bediente. Vor allem waren es die **Ägypter**, die den Saugheber als Gerät des täglichen Lebens verwendeten; pflegten sie doch ihre Getränke durch ihn nicht nur abzufüllen, sondern auch zu genießen, ein Verfahren, von dem uns zahlreiche alte Darstellungen Kunde geben. Im Saugrohr (Abb. 295), das nicht als eigentlicher Heber anzusprechen ist, bei dem aber die Wirkung des Luftdruckes auf Flüssigkeiten ausgenutzt wird, um sie aus der Tiefe des Gefäßes bis in Mundhöhe emporzufördern, haben wir vielleicht den Vorläufer des Saughebers zu sehen. Läßt man nach dem Saugen bezw. Trinken den längeren Schenkel des Hebers schnell genug fallen und lag das unterste Ende der in ihm enthaltenen Flüssigkeit zufällig tiefer als der Flüssigkeitsspiegel im Gefäß, dann trat von selbst Heberwirkung, d. h. Ausfließen der Flüssigkeit ein. Vielleicht handelt es sich bei der

Darstellung in Abb. 295 auch nur um Ansaugen eines Hebers; darauf lassen die Länge des einen Schenkels, die (um ein Abknicken zu verhüten scheinbar unterstützte) Biegungsstelle, sowie das Gefäß schließen, das der Knabe in der Hand hält und das wahrscheinlich gefüllt werden soll, um dann der wartenden Frau angeboten zu werden.

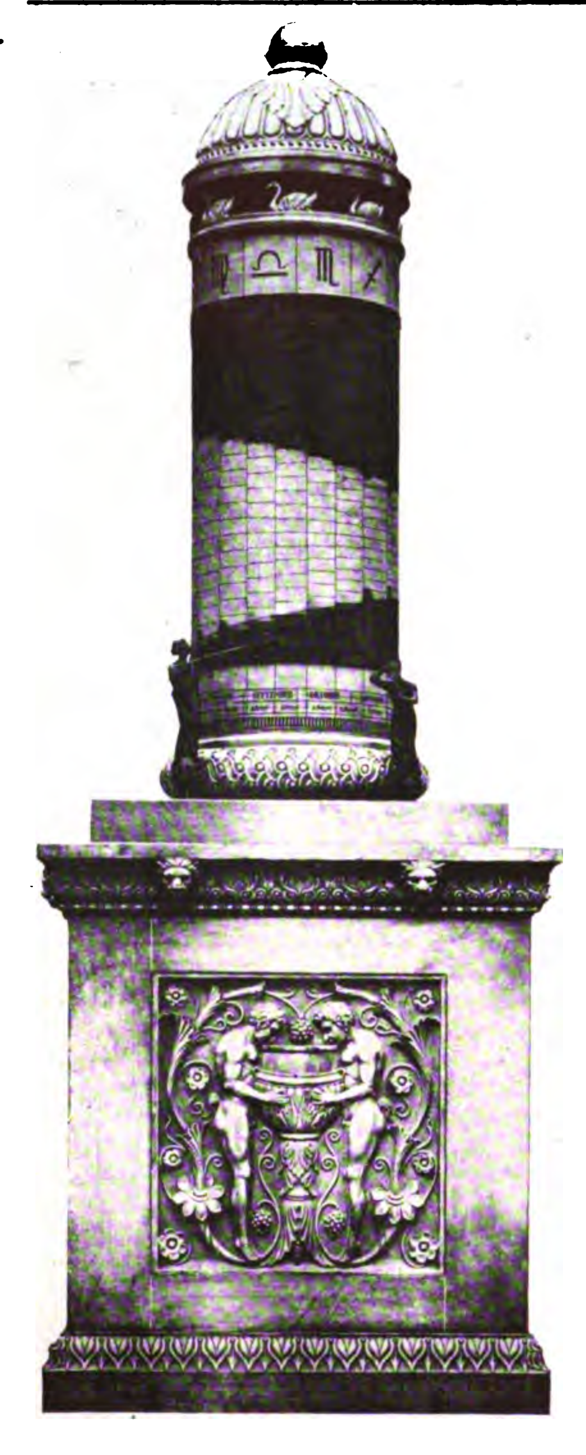


Abb. 295. Gebrauch des Saugrohrs.

Sitzender Syrer, mit dem Saugrohr Flüssigkeit aus einem Krug ansaugend. Bemalter Grabstein in Türform. Kalkstein.
Höhe 29,5 cm, Breite 24 cm.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Außerordentlich zahlreich sind die Anwendungsformen des Saughebers, die Heron von Alexandria gibt, der sich auch mit der Theorie dieser Einrichtung beschäftigt, wobei er sich allerdings vielfach auf seinen Lehrer Ktesibios stützt.

Auch der Stechheber wird zur Entnahme und zum Abfüllen von Getränken benutzt. Eine Theorie seiner Wirkung ebenso wie der des Saughebers gibt Philon von Byzanz. Er hat vielfach die Form einer Mohnkapsel („Sieb des Aristoteles"), in der er auch als älteste Art der Wasseruhr, als Klepsydra bereits um 522 v. Chr. Verwendung fand. Die Klepsydra bestand aus einer engen, oben offenen Röhre, die unten in eine mohnkopfförmige Erweiterung endigte. Am Boden waren in ziemlich engem Kreise kleine Löcher angebracht. Man füllte die Klepsydra dadurch, daß man den Apparat, der weiter nichts darstellte als einen Stechheber, in Wasser tauchte und wartete, bis er sich gefüllt hatte. Dann hielt man die obere Öffnung zu, so daß der Luftdruck das Ausfließen des Wassers aus den engen Öffnungen verhinderte. Sobald man die obere Öffnung freigab, floß das Wasser aus den unteren Öffnungen aus. Die Dauer des Ausfließens gab einen Maßstab für die verflossene Zeit. Das Ausfließen konnte natürlich kein gleichmäßiges sein, es erfolgte am Anfang schneller als gegen das Ende. Die Klepsydra stand bis zum Jahre 422 v. Chr. hauptsächlich bei physikalischen Versuchen (Empedokles usw. usw.), dann aber auch als Küchenuhr zum Eierkochen im Gebrauch. Von 422 ab wurde sie allgemeiner Zeitmesser, z. B. in der Gerichtspraxis, wo den Rednern die Sprechzeit nach Klepsydren zugemessen wurde. Auch die Ärzte benutzten sie als Pulszähler. Die berühmte Wasseruhr des Ktesibios (Abb. 296 S. 230) beruht auf der Wirkung eines Stechhebers; schreibt doch Philon von Byzanz, daß Ktesibios eine Öffnung aus Gold oder aus einem durchbohrten Edelsteine hergestellt habe, durch die das Wasser gleichmäßig ausfloß und einen Schwimmer in einem untergestellten Becken



hob. Darauf ist eine Stange gesetzt, die mit kleinen Zähnen versehen ist, und durch die die Drehungen und Bewegungen hervorgebracht werden, die zum Anzeigen der Zeit nötig sind. Eine Rekonstruktion dieser Wasseruhr des Ktesibios besitzt das Deutsche Museum in München. Die Inneneinrichtung ist die eben beschriebene; Zahnstange und Räderwerk stehen mit einer 1¼ m hohen Säule in Verbindung, auf deren Umfang, und zwar senkrecht von unten nach oben, die 2 × 12 Stunden angeschrieben sind. Am Fuße der Säule rechts steht eine weibliche Figur, aus deren Augen fortwährend Tränen tropfen. Diese sammeln sich in einer senkrecht stehenden Röhre und treiben einen Schwimmer, der eine links der Säule angebrachte zweite weibliche Figur trägt, langsam in die Höhe. Diese Figur weist mittels eines Stabes die Stunden im Emporsteigen an der Säule an. Hat die Figur die 2 × 12 Tag- und Nachtstunden durchlaufen, so öffnet sich an der Schwimmerröhre ein Ventil, wodurch das Wasser in ein Wasserrad abfließt, welches nun das Räderwerk zwingt, sich um einen gewissen Betrag zu drehen und die Säule um einen Tag weiterzurücken. Die Säule bewegt sich also in 365 Tagen einmal um ihre Achse. Während dieses Vorgangs entleert sich die Schwimmerröhre gänzlich, die

Abb. 296.
Rekonstruktion der Wasseruhr des Ktesibios.
Deutsches Museum München.

Figur sinkt mit dem Schwimmer rasch auf ihren alten Stand herab, schließt das Ventil und beginnt wiederum Stunde um Stunde des neuen Tages anzuzeigen. Jeder neue Tag wird an der Säule mittels der Zunge einer sich emporrichtenden Schlange markiert. Ähnliche Wasseruhren waren im übrigen um 300 v. Chr. in Ägypten schon im Gebrauch.

Der Druckheber dient im Altertume dazu, um Wasser über Berge hinwegzuführen, wobei oft ansehnliche Höhen (bei Pergamon z. B. 332 m) überwunden werden. Näheres hierüber findet sich im Abschnitt über die Wasserversorgung im Altertume. (Siehe Seite 427ff.)

Der Druck des Wassers. Das Wasserrad.

Zur Ausnützung des Wasserdruckes dient das Wasserrad, das jedoch nur in der Form des unterschlächtigen Wasserrades bekannt ist. Es wird in römischer Zeit sowohl in den am Lande stehenden Wassermühlen wie auf Schiffsmühlen angewendet. Für die Verwendung von oberschlächtigen Wasserrädern in der Technik, die mehrfach behauptet wurde, gibt es keine zuverlässigen Angaben. Eine wichtige Verwendungsart des unterschlächtigen Wasserrades, die im Altertum allüberall im Gebrauche stand, ist seine Ausbildung zum Schöpfrad. Vitruv schreibt hierüber (X 5, 1 nach Reber): „Man macht in Flüssen Schöpfräder auf dieselbe Weise, wie dies oben beschrieben ist (d. h. als Treträder, s. oben). Nur befestigt man außen an den Schöpfrädern Schaufeln, welche, von dem Andrange des Wassers gefaßt, durch ihr Vorwärtsgehen die Räder zwingen, sich zu drehen, und so in dem Kästchen das Wasser schöpfend und nach oben bringend leisten sie ohne die Arbeit des Tretens, durch die Strömung des Flusses selbst umgedreht, die nötigen Dienste. Auf dieselbe Weise werden auch die Wassermühlen getrieben." (s. S. 97 Abb. 157.) Im übrigen hat sich der Gebrauch des unterschlächtigen Wasserrades auch da, wo aus technischen Gründen mittel- oder oberschlächtige Verwendung finden könnten, bis auf den heutigen Tag in manchen Tälern der Alpen erhalten, deren Kultur auf römische Zeiten zurückgeht, z. B. im Gröbner Tal in Tirol (Abb. 297).



Abb. 297. Verwendung des unterschlächtigen Wasserrades nach altrömischer Art bei Wolkenstein im Grödner Tal.

Die Ausnützung des Druckes der Gase.

Die Ausnützung des Druckes der Gase finden wir im Altertume nur in vereinzelten Fällen, doch werden sowohl der Druck der Luft wie der des Dampfes verwendet. Wie man sich im Erzspanner des Ktesibios des Luftdrucks bediente, wurde bereits ausgeführt. Eine wichtigere Anwendung ist die der Feuerspritze, einer Erfindung des Ktesibios, die uns in mehrfachen Beschreibungen erhalten ist. Wir geben als die beste dieser Beschreibungen die des Vitruv (X 7) wieder: „Diese Maschine

wird aus Bronze hergestellt. Sie besteht aus zwei gleichen bis unten reichenden Pumpenzylindern (Stiefeln), die nicht voneinander abstehen (a a) und gabelförmig abzweigende Verbindungsröhren (b b) haben, welche, in ähnlicher Weise sich vereinigend (c), in den mitten liegenden Windkessel (d) münden; in diesem Windkessel bringt man Ventilklappen (e) (Druckventile) an der oberen Mündung der Verbindungsröhren an, welche exakt sitzen und, die Mündungslöcher schließend, das, was durch den Luftdruck in den Windkessel gepreßt ist, nicht mehr zurücktreten lassen. Auf den Windkessel ist eine Kappe, einem umgestürzten Trichter ähnlich, aufgepaßt und durch eine Verröhrung mit durchgetriebenem Keil mit demselben zusammengeschlossen, damit nicht die Gewalt des hier eingepumpten Wassers sie aufzuheben vermöge. Darüber wird eine Röhre (f), welche Steigröhre genannt wird, senkrecht in die Höhe führend angenietet. Die Pumpenzylinder aber haben unterhalb der unteren Mündung der Verbindungsröhren (g) Ventilklappen über die am unteren Ende befindlichen Einmündungen gesetzt (h). Von oben herab aber werden massive, abgedrehte, geschliffene und mit Öl geschmierte Kolben (i), welche in die Pumpenzylinder eingeschlossen sind, vermittelst Kolbenstangen (k) und Hebeln in Bewegung gesetzt, und diese drücken in rascher Bewegung in beiden Pumpenzylindern abwechselnd auf die mit dem Wasser dort eingeschlossene Luft, schließen die Ventilklappen an den unteren Öffnungen (g) und drängen durch die Luftpressung das Wasser durch die Mündungen der Verbindungsröhren in den Windkessel, von welchem sie in die Kappe steigt und durch den Luftdruck durch das Steigrohr in die Höhe getrieben wird. So wird von einer tiefliegenden Stelle aus, nachdem man einen Sammelraum angelegt hat, das Wasser zu einem Brunnenstrahl geliefert." Der Feuerspritze fehlten die Schläuche. Der unter Trajan lebende Baumeister Apollodor suchte diesem Mangel dadurch abzuhelfen, daß er statt der Schläuche Ochsendärme verwendete, an deren einem Ende mit Wasser gefüllte, zusammengenähte Häute befestigt waren. Das Wasser wurde durch Zusammendrücken an diesen Syphones, wie man derartige Apparate nannte hinausgetrieben. Den Löschdienst in Rom besorgten die „syphonarii".

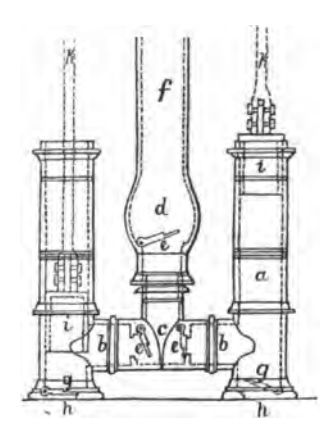


Abb. 298. Feuerspritze
Rekonstruktion nach den Angaben des Vitruv.

In den Ruinen von Castrum novum wurde eine Feuerspritze gefunden, die im allgemeinen dieser Beschreibung entspricht, nur sind die beiden Verbindungsröhren nicht schräg, sondern in wagerechter Richtung in den Windkessel eingeführt. Dieser selbst ist schwach ausgebildet und besteht mit der Kappe zusammen aus einem einzigen Stück, während Vitruv hier die Anfertigung von zwei Stücken vorschreibt.

Gleichfalls auf der Wirkung des Luftdrucks beruht die Wasserorgel des Ktesibios, die dadurch in Bewegung gesetzt wird, daß durch einen Kolben Luft zusammengepreßt und in einen Kessel gedrückt wird. Sie verdrängt dadurch das Wasser aus diesem Kessel. Das verdrängte Wasser steigt außerhalb des Kessels in einem Behälter in die Höhe. Es übt einen Druck auf das im Innern des Kessels befindliche Wasser und damit auch auf die darin befindliche Luft aus. Öffnet man ein

an diesem Kessel angebrachtes Ventil, so strömt die Luft aus und in die darüber stehenden Orgelpfeifen. In dem Maße, wie sie ausströmt, wird durch den äußeren Wasserdruck Wasser in den inneren Kessel nachgedrückt, so daß dieser zum Schluß wieder vollkommen mit Wasser gefüllt ist. (Abb. 299.)

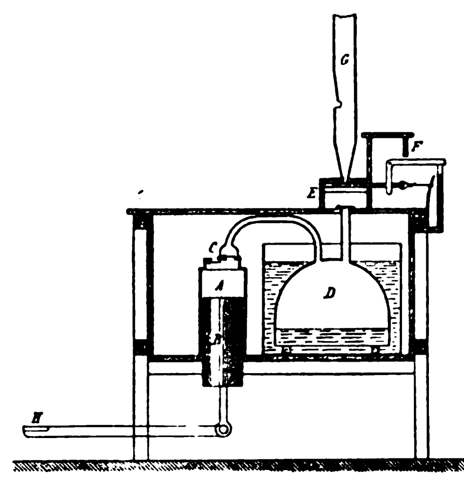
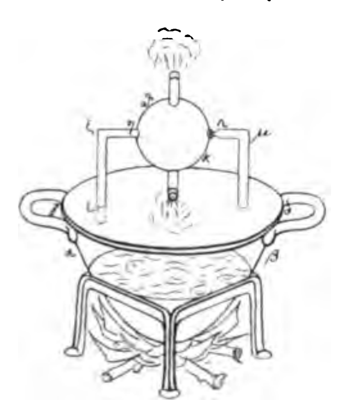


Abb. 299. Die Wasserorgel des Ktesibios.

Beim Niedetreten des Hebels H wird der Kolben B im Zylinder A emporgedrückt. Die in diesem enthaltene Luft wird dabei durch das Saug- und Druckventil C nach D gedrückt; sinkt der Kolben durch sein eigenes Gewicht, so wird dadurch wieder Luft nach A eingesaugt, die abermals nach D herübergedrückt wird. Die Luft in Glocke D drückt das darin befindliche Wasser nach unten und außen empor. Der Druck dieses Wassers bewirkt, daß die in D und E befindliche Luft durch die Orgelpfeife E strömt und diese zum Tönen bringt, sobald man durch Anschlagen der Taste F die Verbindung zwischen E und G herstellt.

Der Druck der Luft wird des weiteren in dem von Heron von Alexandria erfundenen und nach ihm benannten Heronsball ausgenützt, dessen Einrichtung wir als bekannt voraussetzen dürfen, dem aber eine besondere Bedeutung für die Technik des Altertums wohl nicht zukam. Hingegen setzte Archytas von Tarent (um 400—365 v. Chr.) einen Flugapparat in Gestalt einer hölzernen Taube durch komprimierte Luft in Bewegung (Gellius, N.A.X 12, 9 ff.).

Eine Ausnützung des Dampfes finden wir in der Aeolipile des Heron, die als die erste Turbine bezeichnet werden kann. Von ihr gibt Heron selbst folgende Beschreibung: „Über einem geheizten Kessel soll eine Kugel sich um einen Zapfen bewegen. Es sei $\alpha\beta$ (Abb. 300) ein mit Wasser gefüllter, geheizter Kessel. Seine Mündung sei mit dem Deckel $\gamma\delta$ verschlossen; durch diesen sei eine gebogene Röhre $\varepsilon\zeta\eta$ getrieben, deren Ende luftdicht in eine Hohlkugel ϑ eingepaßt ist. Dem Ende η liege ein auf dem Deckel $\gamma\delta$ feststehender Zapfen $\lambda\mu$ diametral gegenüber. Die Kugel sei mit zwei gebogenen, einander diametral gegenüberstehenden Röhrchen versehen, die



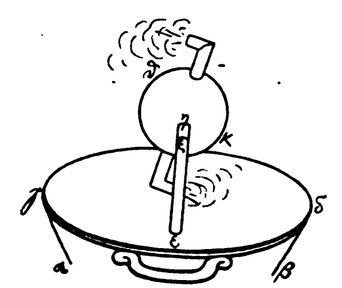


Abb. 300 u. 301. Die „Aeolipile" des Heron von Alexandria.

in sie münden und nach entgegengesetzten Richtungen gebogen sind (Abb. 301). Die Biegungen muß man sich rechtwinklig und quer durch die Linien η und λ denken.

Wird nun der Kessel geheizt, so ist die Folge, daß der Dampf durch εζη in die Kugel dringt, durch die umgebogenen Röhren nach dem Deckel hin ausströmt und die Kugel zur Drehung bringt, ähnlich wie schon bei den tanzenden Figuren." (Bei diesen wird die Bewegung nicht durch Dampf, sondern durch erwärmte Luft hervorgebracht.)

Im übrigen wurde der Druck des Dampfes nicht nur in Form des Rückstoßes ausgenutzt, sondern auch in einer ähnlichen Weise, wie wir dies heute im Papinschen Topfe zu tun pflegen, nämlich zum Kochen des Fleisches. Hierüber berichtet der griechische Arzt Philumenos um das Jahr 250 n. Chr.: „Man bringt ihn nebst Regenwasser in einen neuen Topf, setzt den Topf, nachdem man ihn verschlossen und verschmiert hat (clausam ollam illiniri), abends in einen Ofen, der mit glühenden Kohlen gefüllt ist, und läßt ihn, von diesen umgeben, dort die ganze Nacht über stehen; durch den Dampf geht nämlich der Schleim in Lösung und macht die Brühe dick und kleisterartig". An späterer Stelle wird über die Herstellung einer Art von Aspik noch bemerkt: „Manche kochen in der Tisane auch Kalbsfüße (ungulas vitulinas) die ganze Nacht hindurch, bis sie sich lösen, wodurch der Schleimsaft steif wird und gelatiniert" (spissus fit et glutinosus).

Literatur zum Abschnitt: „Technische Mechanik und Maschinen".

Anonymus, Antike Röhrenkessel. Prometheus 1897, S. 501.
— Unser Bogen des Odysseus. Unterhaltungsblatt der Täglichen Rundschau vom 22. Juni 1914.
Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums. München 1885, S. 545.
Bauna, Fund einer Pumpe aus dem römischen Altertum. Die Umschau 1907, S. 62—66.
Beck, Die Geschichte des Eisens. Erste Abteilung. Braunschweig 1891.
Beck-Darmstadt, Der altgriechische und altrömische Geschützbau nach Heron dem Älteren, Philon, Vitruv und Ammanius Marcellinus. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 1911, S. 163.
— Herons des Älteren Mechanik. Herons des Älteren Automatentheater. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 1909.
— Historische Notizen. Der Zivilingenieur 1886.
Blümlein, Römische Artillerie. Frankfurter Zeitung 1909, Nr. 122.
Borchardt, Automatisches Öffnen und Schließen von Tempeltüren. Mutter Erde 1899, S. 216.
— Der älteste Automat. Mutter Erde 1899, S. 35.
Buchner, Das Bogenschießen. Globus, Bd. XC, 1906.
Carra de Vaux, A propos des merveilles de la mécanique ancienne. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1914, S. 478.
Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.
Diels, Dampfmaschine, Automat und Taxameter. In: Diels, Antike Technik. Leipzig und Berlin 1914.
— Die antike Artillerie. In: Diels, Antike Technik. Leipzig und Berlin 1914.
— Platons Nachtuhr. Sitzungsberichte d. kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften 1915. 2. Halbbd., S. 824.
Dietrich, Entwicklung der Massenförderungsanlagen. Die Umschau 1916, Nr. 21.
Droysen, Heerwesen und Kriegführung der Griechen. In: Hermann, Lehrbuch der griechischen Antiquitäten. Freiburg i. Br. 1889, II, 2, S. 187.
Geitel, Geschichte der Dampfmaschine bis James Watt. Leipzig 1913.
Heilborn, Der Bogen des Odysseus. Die Naturwissenschaften 1914, S. 525.
Herodot, Geschichten. 7. Buch, 24.
Holzer, Entwicklungsgeschichte der Maschine. Der Zivilingenieur 1888, S. 194.

Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. 1897.
— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.
Kammerer, Die Entwicklung der Zahnräder. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 1912, S. 242.
Keune, Saug- und Druckpumpen im Altertum. Beilage zur Allgemeinen Zeitung 1905, Nr. 276, S. 399.
Köchly und Rüstow, Geschichte des griechischen Kriegswesens von den ältesten Zeiten bis auf Pyrrhos. Aarau 1852.
Krusemann, La Construction moderne. Haarlem 1898.
Layard, Ninive und Babylon. Leipzig 1856.
Lepsius, Über den Bau der Pyramiden. Berlin 1834.
— Denkmäler aus Ägypten und Äthiopien, Berlin 1849—1860.
v. Lippmann, ein Vorläufer des Papinschen Dampftopfes. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. 2. Band, S. 201. Leipzig 1913.
Merckel, Die Ingenieurkunst im Altertum. Berlin 1899.
M. K. Drahtseile aus altrömischer Zeit. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1906, S. 132.
Neuburger, Das Wasser als Hilfsmittel in Haus u. Gewerbe. In: Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band 9, S. 149 bis 348.
Ochelhäuser, Technische Arbeit einst und jetzt. Deutsche Techniker-Zeitung 1906, S. 443.
Ohler, Einiges über Tracht, Ausrüstung und Bewaffnung des römischen Heeres am Ende der Republik und zu Beginn der Kaiserzeit. Vortrag im Königl. Museum für Völkerkunde zu Berlin, Februar 1910.
Poselger, Über Aristoteles Mechanische Probleme. Abhandlungen der Kgl. Akademie d. Wissenschaften. Berlin 1829. (Gelesen 9. April 1829.)
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Quilling, Die Saalburg. Frankfurter Nachrichten 1913, 8. und 10. Juni.
Reber, Des Vitruvius Zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.
Rehm, Horologium. Realenzyklopädie des klassischen Altertums von Pauly-Wissowa-Kroll. Stuttgart 1909. Bd. VIII, Sp. 2416.
Reuleaux, Theoretische Kinematik. Braunschweig 1875.
— Über das Wasser. Berlin 1871.
— Über das Wasser in seiner Bedeutung für die Völkerwohlfahrt. Berlin 1871.
Schmidt, Aus der antiken Mechanik. Neue Jahrbücher für das klassische Altertum. 1904, S. 329—351.
— Heronis Alexandrini Opera Quae Supersunt Omnia. Leipzig 1899.
— Heron von Alexandria. Leipzig 1899.
— Über die ältesten Uhren der Griechen und Römer. Vortrag im Königl. Museum für Völkerkunde. Mai 1908. Referat: Welt der Technik 1908, S. 219.
Schneider, Geschütze nach handschriftlichen Bildern. Metz 1907.
— Antike Geschütze auf der Saalburg. Homburg 1908.
— Geschütze. Sonderabdruck aus Pauly-Wissowas Realenzyklopädie der klassischen Altertumswissenschaft, Bd. VII.
— Geschütze auf antiken Reliefs. Mitt. des Deutschen Archäologischen Instituts in Rom, Band 20, S. 166.
— Herons Cheiroballistra. Mitt. des Deutschen Archäologischen Instituts in Rom, Band 21, S. 142.
Schramm, Bemerkungen zur Rekonstruktion griechisch-römischer Geschütze. Jahrbuch der Gesellschaft für lothringische Geschichte 1904, S. 1—20, 1906, S. 276—283.
Schultz, Angewandte Mathematik im hellenischen Altertum. Österreichische Polytechnische Zeitschr. 1910, Nr. 1.
Speckhart, Das Räderwerk der wiedererstandenen Wasseruhr des Ktesibios. Deutsche Uhrmacherzeitung 1915, S. 167.
Spieß, Archimed von Syrakus. Mitt. zur Geschichte der Medizin und Naturwissenschaften. 1904, S. 224.
Tittel, Heron. Sonderabdruck aus Pauly-Wissowas Realenzyklopädie. Stuttgart 1909.
Wilkinson, The customs and manners of the ancient Egyptians. London 1878.
Würschmidt, Kriegsinstrumente im Altertum und Mittelalter. Monatshefte für den mathematischen und natur issenschaftlichen Unterricht, Bd. VIII, S. 256.

Feuerzeuge, Beleuchtung und Heizung.

Die Feuerzeuge.

Beleuchtungs- und Heizungstechnik konnten erst dann sich zu entwickeln beginnen, als die Entzündung und Unterhaltung des Feuers nicht mehr vom Zufall abhingen, sondern als man bereits über eine gewisse Technik des Feueranmachens verfügte, als man somit jene Einrichtungen besaß, die man unter dem Begriffe der „Feuerzeuge" zusammenfassen kann. Wann und wo diese zuerst aufkamen, verliert sich im Dunkel der Vorzeit. Während manche Prähistoriker die Ansicht vertreten, die Kunst der willkürlichen Feuergewinnung sei „aus dem Gedanken geboren", sind andere der jedenfalls viel berechtigteren Meinung, daß diese Kunst der Beobachtung und Erfahrung ihr Dasein verdankt. Wahrscheinlich hat man bei der Herstellung primitiver Werkzeuge und Waffen so und so oft bemerkt, daß sich das Holzstück, das man durch Bohren mit einem anderen Stück Holz durchlöchern wollte, von selbst entzündete. falls beide Hölzer genügend trocken und mit Bohrmehl bedeckt waren. Jedenfalls finden sich derartige durch Reiben von Hölzern betätigte Feuerzeuge bei allen Völkern des Altertums, und zwar schon in ihrer vorgeschichtlichen Zeit. Homer berichtet in seinem Hymnus auf Hermes:

> „Er doch sammelte Holz und sann, wie er Feuer bereite.
> Nehmend den stattlichen Ast von dem Lorbeer, rieb er mit Eisen
> Ihn mit der Hand recht haltend, und glühender Hauch entdampfte.
> Drauf noch nahm er und legte getrockneten Holzes die Fülle
> Auf in ein Loch, in den Boden gemacht, und es loderte Flamme,
> Weithin sengend das Blasen des hochaufflammenden Feuers."

Aus dieser Stelle läßt sich, ihre richtige Erhaltung und Deutung vorausgesetzt, sogar schließen, daß man anstatt des einen Holzes Eisen benutzte, was in technischer Hinsicht allerdings keinerlei Fortschritt bedeuten würde, da das Eisen infolge der bei seinem Gebrauch stattfindenden stärkeren Wärmeableitung schlechter wirkt als Holz. Der Lorbeer stand bei den Griechen und den Römern lange Zeit hindurch zum Zwecke des Feueranmachens im Gebrauch. Man nahm ein größeres Stück weichen Holzes, in erster Linie Efeu und Waldrebe, und höhlte darin mehrere Löcher aus. In eines dieser Löcher stellte man einen Stab aus hartem Holze, das oben — ähnlich den in gleicher Weise gehandhabten Bohrern — mit einem Griffe von halbkugeliger Form versehen war. Auf diesen legte man die eine Hand und drückte den harten zugespitzten Stab gegen die Unterlage. Dann wurde er mit Bogen und Sehne in rasche Um-

drehungen versetzt, bis sich die in die Vertiefung eingebrachte leicht brennbare Masse, der „Zunder“, entzündete. Als derartiger Zunder wurden verkohlte Leinewand, Holzmehl, getrocknetes Gras, dürre Schwämme und Blätter, Schwefel usw. usw. verwendet. Plinius schildert uns (XVI 207) diese Art des Feueranmachens mit den Worten: „Holz wird mit Holz gerieben, und durch das Reiben entsteht Feuer, welches in trockenen Zunder aufgenommen wird. Nichts eignet sich dazu besser als Efeu und Lorbeer, der erste um gerieben zu werden, der zweite um zu reiben. Bewährt ist auch der wilde Weinstock und andere Schlinggewächse.“ Außer diesem Feuerzeug waren im Altertum aber auch noch weitere bekannt. In Griechenland und Rom verwendete man Stahl, Stein und Zunder, wobei als Steine nicht nur der gewöhnliche Feuerstein, sondern auch Schwefelkies und sonstige geeignete Steinarten benutzt wurden. Als „Stahl“ diente entweder ein besonderes längliches Stahlstück, ein Nagel, ein Schlüssel oder ein anderes Stück desselben Steins (Plinius XXXVI 30). Des weiteren entzündete man Feuer mit Hilfe von Brennspiegeln, die aus Bronze hergestellt und mit Blattsilber überzogen waren, sowie auch mit Brenngläsern, die, wie Funde Layards im Palast des Assurnasirpal zu Ninive beweisen, bereits um 640 v. Chr. bekannt waren und aus Bergkristall oder Glas hergestellt wurden. Schon Aristophanes (450—385 v. Chr.) spricht in seinem Lustspiel „Die Wolken“ (Akt 2, Szene 1) davon, daß ein Brennglas, wie es Strepsiades verwendet, um sich einer Schuld von 5 Talenten durch Schmelzen einer Wachstafel zu entledigen, auch zum Entzünden von Feuer dient. Erlosch in Rom ein heiliges Feuer, so wurde es, wie Plutarch berichtet, gewöhnlich mit Hilfe bronzener oder silberner Brennspiegel oder mit Hilfe von Brenngläsern wieder entzündet. Die Brenngläser wurden zum Teil auch aus Bergkristall hergestellt (Plinius XXVIII; Isidorus XVI 13). Die Behauptung, daß Archimedes bei der Belagerung von Syrakus die athenische Flotte durch Brennspiegel entzündet habe, ist eine erst in späterer Zeit aufgetauchte falsche Behauptung, deren technische Unmöglichkeit keinem Zweifel unterliegen kann.

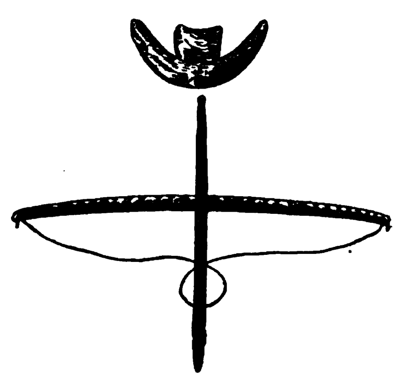


Abb. 302. Bogen und Sehne zum Anmachen des Feuers (sog. „Feuerbohrer“ der Eskimos).

Die Beleuchtung.

Die ältesten Arten der Beleuchtung.

Die ursprünglichste Art der Beleuchtung war das Herdfeuer, an dem z. B. nach Homer Hermes die Nymphe Kalypso mit Weben beschäftigt vorfindet. Ihm folgte dann wohl der qualmende Kienspan, der während des ganzen Altertums im Gebrauche stand, wie er ja auch jetzt noch nicht vollkommen aus der Welt verschwunden ist. An seiner Stelle scheint nur bei den Bewohnern der Ostseeküsten der Bernstein verwendet worden zu sein, wenigstens berichtet Plinius, daß sie ihn „pro ligno

ad ignem", d. h. statt des Kienspans zum Leuchten oder zum Feueranzünden benützten. In dem Maße jedoch, wie Kultur und Schönheitsgefühl sich entwickelten, konnte der Kienspan allein nicht mehr genügen. Man suchte nach besseren und dann auch nach schöneren Beleuchtungsmitteln. Verbessert wurde der Kienspan zunächst dadurch, daß man aus ihm die Fackel schuf, die vielleicht, wie altassyrische Darstellungen aus dem 9. Jahrhundert v. Chr. zeigen, zunächst als Feuerbrand, als „Kriegsfackel" gedient haben dürfte. Man umkleidete einen oder mehrere zusammengebundene derartige Späne mit Pech, Asphalt oder Harz. Später flocht man Weinreben zusammen, die man in gleicher Weise tränkte. An die Stelle der Weinreben traten dann in weiterer Entwicklung Stricke, die, besonders wenn sie alt und morsch waren, sehr viel von dem Brennmaterial aufzunehmen vermochten. Um die Fackel besser

Abb. 303. Vase mit Fackelträgerin.
Böotische rotfigurige Vase aus der Mitte oder zweiten Hälfte des 5. Jahrh. v. Chr. — Berliner Altes Museum, Antiquarium.



Abb. 304. Fackelhalter aus Tiryns.

handhaben zu können, bediente man sich verschiedenartig geformter Vorrichtungen. Zu Homers Zeit benutzte man große Pfannen aus Ton oder Kupfer (Odyssee XVIII 306), die wahrscheinlich auf Postamenten standen, und in denen sehr trockenes Holz verbrannt wurde, das mit harzigem Holze (δαΐς) vermischt war. Von der Bezeichnung δαΐς für das harzige Holz entsteht die für die Fackel: δᾳς, die Thukydides, Plutarch usw. usw. gebrauchen. (Schliemann.) Später benutzte man als Fackelhalter Hülsen (φανός; lateinisch zuweilen funale), um die herum eine flache Schale angebracht war. Ein derartiger Fackelhalter wurde von Schliemann in der im Jahre 468 v. Chr. zerstörten Stadt Tiryns in Argos ausgegraben. Er war aus rotbraunem Ton hergestellt. (Abb. 304.)

Lampen und Kerzen.

Auch die Fackel konnte den Ansprüchen nicht genügen, die das schönheitsliebende Altertum an eine mit der übrigen Lebenshaltung im Einklang stehende Beleuchtung

stellte. Es entwickelten sich als weitere Beleuchtungsmittel die Lampe und die Kerze, von denen die Lampe das ältere ist. Die Kerze scheint in Griechenland erst zur Zeit der römischen Kaiser bekannt geworden zu sein. Lampe sowohl wie Kerze sind aber zweifellos aus der Fackel hervorgegangen. Die Lampe dadurch, daß man die eben erwähnten homerischen Fackelpfannen anstatt mit harzigem Holze mit Öl füllte; die Kerzen hingegen dadurch, daß man in den Fackeln den eigentlichen Brennstoff vermehrte und sie zugleich aus einem immer weniger rauchenden Material herstellte, und daß man gegenüber seiner Menge die Menge des verwendeten Fasermaterials immer mehr verringerte.

Die Lampen waren zu Homers Zeiten noch unbekannt und tauchen in Griechenland und Kleinasien erst im 6. Jahrhundert v. Chr. auf. Vorher benutzte man dort für Beleuchtung der Häuser Fackeln oder Feuerpfannen und Becken, in denen man harziges Holz brannte. Auch im alten Ägypten ist in vorrömischer Zeit der Gebrauch von Lampen nicht verbürgt. Überhaupt findet sich auf den altägyptischen Gemälden nirgends eine Spur, die auf den Gebrauch einer Lampe hindeutet. Hingegen zeigen diese Gemälde auf Leichenzügen manchmal eine Person, die eine Art von Kerze oder Fackel, wahrscheinlich das letztere, trägt. Herodot erwähnt zwar (II 62) ein ägyptisches Lampenfest, wobei er die Lampen genau beschreibt: „Diese Lampen sind Gefäße voll Salz und Öl, und obendrauf schwimmt der Docht", man hat aber in vorrömischer Zeit niemals eine ägyptische Tonlampe gefunden, so daß angesichts des häufigen Gebrauches von Glas bei den Ägyptern die Vermutung nicht von der Hand zu weisen ist, es habe sich hier um gläserne Lampen gehandelt, soweit diese Bezeichnung überhaupt zutrifft. In Illahun, Hawara usw. in Ägypten fand man Tonschalen von etwa 7 cm Höhe zum Teil von ovaler Form, ähnlich den jetzigen mit Talg ausgegossenen Illuminationslämpchen. Eine Vorrichtung zur Aufnahme des Dochtes zeigen sie nicht. Obschon die Hieroglyphe [Hieroglyphe] wahrscheinlich eine solche Lampe vorstellt, erscheint es doch zweifelhaft, ob man hier von einer solchen sprechen kann. Als Festbeleuchtung verwendeten die Ägypter Kalksteinständer von etwa einem Meter Höhe, die oben eine flache granitene Schale tragen, und an denen jede Vorrichtung zur Aufnahme eines Dochtes fehlt. Man kann sie, ebenso wie die gleichartigen aus der mykenischen Zeit Kretas (Abb. 305), wohl nicht gut als „Lampen" bezeichnen. Erst durch die vielseitige Verwendung bei den Römern wird die Lampe bei allen Völkern des Altertums verbreitet und häufig benutztes Gemeingut. Ganz außerordentlich groß ist die Zahl der auf uns gekommenen antiken Lampen, unter denen sich solche von hohem Kunstwerte befinden. Die Lampe, im Anfang weiter nichts als eine flache, roh geformte Schale, wird mit der Zeit ein Gegenstand des höchsten Luxus. So sehr sie sich aber auch nach der künstlerischen Seite hin entwickelt, so gering ist — von einigen wenig bedeutsamen Verbesserungen abgesehen — ihr Fortschritt in technischer Hinsicht.



Abb. 305. Steinlampen aus der mykenischen Zeit Kretas.
Nach einer Nachbildung im Deutschen Museum zu München.



Abb. 306. Modellschüssel zur Herstellung von Lampen.
Am Rande vier Buckel, um ein genaues Aufeinanderpassen mit der Gegenform zu gewährleisten. Fund aus Pergamon. — Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

Die bronzenen Lampen entstehen durch Guß- und Treibarbeit, über deren Ausführung in dem Abschnitt „Metallbearbeitung" alles Nähere gesagt ist. Von den tönernen Lampen hingegen werden die gewöhnlicheren vielfach auf der Töpferscheibe gedreht, die besseren hingegen in Modellschüsseln in folgender Weise hergestellt: Man fertigte zunächst durch Modellieren mit der Hand eine Modellampe an. Um diese herum legte man Ton, der dann durch einen wagrechten Schnitt so auseinandergeschnitten wurde, daß zwei Formen, eine für das Lampengefäß und eine für den Deckel, entstanden. Manchmal scheint man aber auch Deckel und Gefäß jedes für sich geformt zu haben. Um das gute Zusammenpassen der beiden Lampenteile zu gewährleisten, werden die Formen mit entsprechenden Zeichen, oft auch mit Buchstaben des Alphabetes bezeichnet. Häufiger noch hat die Form des Gefäßteils am Rande Buckel, die



Abb. 307. Römische geschlossene Tonlampen mit zwei und mehr Öffnungen.
(Hinten links eine Schale, vorne rechts Fibeln.) Die Lampen zeigen verschiedene Formen (Fuß usw.) und haben eine verschiedene Zahl von Öffnungen. An der Lampe hinten links sollen die neben der größeren mittleren Öffnung befindlichen drei kleinen Löcher ein schnelleres Füllen des Ölgefäßes ermöglichen, da durch sie, während in die mittlere Öffnung in raschem Strahl Öl gegossen wird, die Luft entweichen kann. Die Lampe hat einen Rand, damit übergegossenes Öl die Unterlage nicht beschmutzt und zurücklaufen kann. Ein solcher Rand auch bei den Lampen hinten rechts und vorne links. Die Lampe vorne links hat ein Ölgefäß und zwei Dochtführungen. Die Schlitze hinter den Dochtöffnungen dienen teils zum Rücklauf übergegossenen Öles (da dieses infolge des Randes nicht in die große Öffnung fließen kann), teils zum Vor- oder Zurückstochern der Dochte.
Fundort Nidda. — Städtisches historisches Museum Frankfurt a. M.

in entsprechende Aussparungen der Form des Deckelteils eingreifen. Die beiden Formen wurden, jede für sich, mit dem fest hineingedrückten Lampenton ausgekleidet und dann, ehe er zu sehr austrocknete, aufeinandergelegt und wahrscheinlich zusammengebunden. Deckel und Gefäß kommen dadurch in richtiger Lage aufeinander und haften zu einem einheitlichen Ganzen zusammen. Nach dem Öffnen der Form wird die Lampe herausgenommen. Der in der Form bereits ziemlich getrocknete und daher auch geschwundene Ton wird an der Luft noch weiter getrocknet und zuletzt bei niederer Temperatur gebrannt. Vorher werden manchmal noch Einzelteile, vor allem Henkel, Verzierungen (Delphine u. dgl.) daran angebracht, die für sich mit der Hand geformt oder durch Einpressen in Formen in Massen hergestellt werden.



Abb. 308. Bronzelampe mit offener Schale u. kanalförmiger Dochtschnauze (Dochtführung).
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

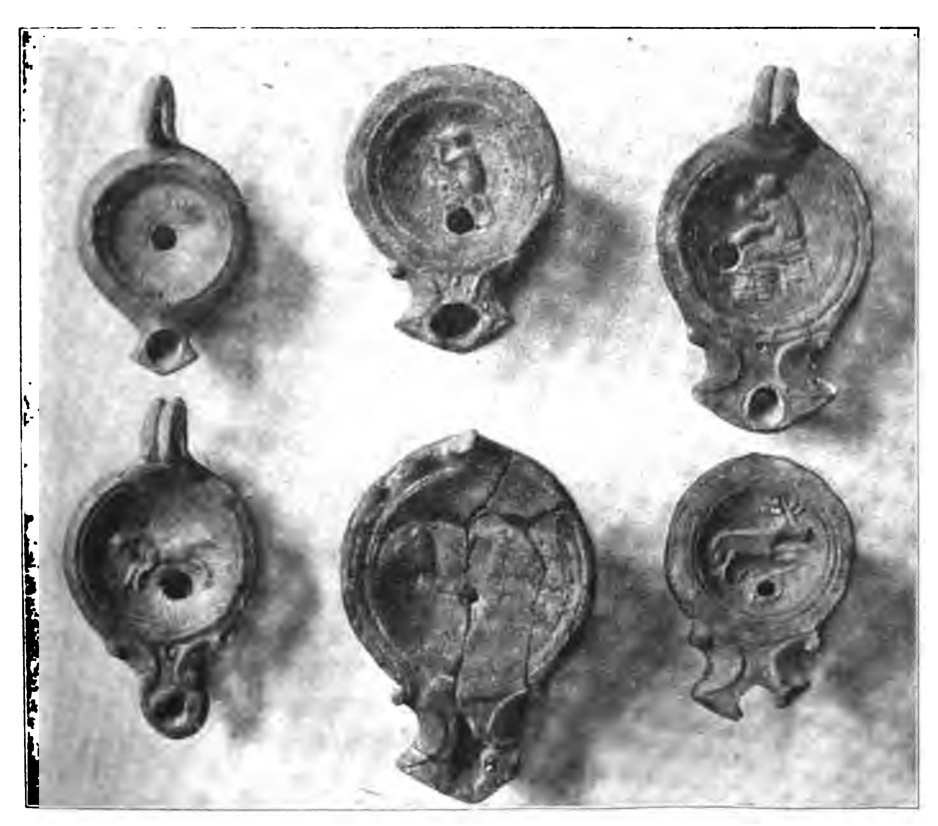


Abb. 309. Römische geschlossene Lampen (Sicherheitslampen).
Bei den vollständig geschlossenen Lampen ist die Einfüllöffnung sehr klein, stets sogar kleiner als die Dochtöffnung, wodurch eine Entflammung des Öls verhütet wird. — Provinzialmuseum Trier.

Die technischen Verbesserungen der Lampe sind, wie schon erwähnt, nur gering. Zuerst verwendete man offene Schalen, die mit Öl gefüllt wurden, und auf denen der Docht schwamm. Dann wird die Lampe mit einem Deckel versehen, der das Verschütten des Öls beim Herumtragen und vor allem auch die zuweilen wohl auftretende Entflammung der Öloberfläche vom Docht her verhüten soll. Er läßt vorn eine Öffnung frei, die sowohl zum Füllen wie zur Aufnahme des Dochtes dient. Später



Abb. 310. Römische Ringlampe.
Mit 8 Dochtöffnungen und einer Einfüllöffnung (rechts oben) aus rötlichem Glimmerton. Fundort: Rottweil (Württemberg).
Museum Rottweil.



Abb. 311.
Römische Ringlampe mit Kreuzbügel als Kronleuchter benutzt.
Römisch-germanisches Zentralmuseum Mainz.

werden Einfüllöffnung und Dochtschnauze getrennt. Die Dochtschnauze wird dann kanalförmig und so zur Dochtführung. Manche Lampen haben mehrere, oft bis zu zwölf Dochtführungen. (δίμυξοι, τρίμυξοι, πολύμυξοι); der Dichter Kallimachus (310—238 v. Chr.) erwähnt sogar eine Lampe mit 20 Dochten. Derartige viel-



Abb. 312.
Griechische Lampe auf einem Fuße angebracht.
¼ der natürlichen Größe.
Fundort: Novum Ilium.



Abb. 313.
Bronzegestell zum Abstellen einer Lampe dienend.
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

dochtige, oft als Kranz oder runde flache Schale ausgestaltete Lampen hängte man häufig nach Art unserer Kronleuchter auf. (Abb. 310 und 311.) Zum Aufstellen der

Lampen dienten besondere Lampengestelle, die, vielfach von hoher künstlerischer Vollendung, oft so ausgestaltet werden, daß man auf ihnen mehrere Lampen aufstellen kann. (Abb. 313 und 314.) An anderen derartigen Gestellen werden die

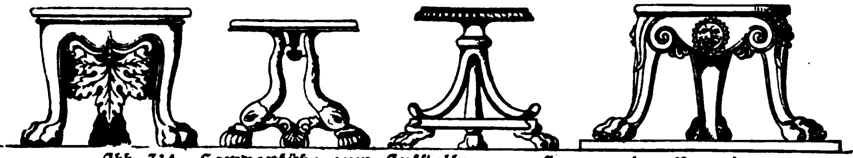


Abb. 314. Lampenfüße zum Aufstellen von Lampen (aus Bronze).
Fundort: Pompeji.

Lampen an Kettchen angehängt. (Abb. 315 und 316.) Schließlich bekommt die Lampe einen durch ihre ganze Höhe und noch darüber hinaus senkrecht hindurchführenden Kanal, mittelst dessen sie an einem senkrechten Stabe des Gestells verschoben werden kann. Durch Höher- oder Niedrigerschieben der Lampe kann man die Flamme in eine bequeme und passende Stellung bringen. Es bedeutet dies neben dem Verschieben des Dochtes,

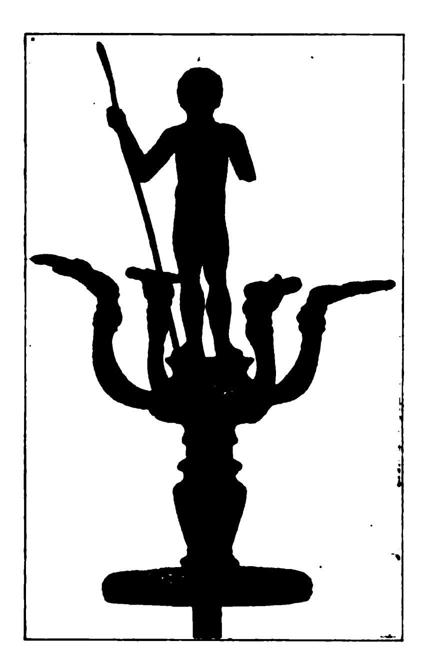


Abb. 315. Stehendes Lampengestell (griechisch) zum Aufhängen von vier Lampen.
Fundort: Priene.
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.



Abb. 316. Hängendes Lampengestell (Kronleuchter) (griechisch) zum Aufhängen von fünf Lampen.
Fundort: Priene.
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

das mit Hilfe kleiner an Kettchen hängender Zangen oder spitzer Dorne vorgenommen wird, ein primitives Verfahren zur Veränderung der Lichtstärke, die allerdings nicht als solche, sondern nur relativ geändert wird, d. h. die Lichtstärke der Lampe bleibt die gleiche, durch Veränderung der Entfernung von Lampe und Arbeitsplatz empfängt dieser aber bald einen größeren, bald einen geringeren Teil der gesamten Lichtmenge.

Das Einfüllen des Öls ist eine lästige Arbeit. Man sucht daher durch die Anbringung von Vorratsbehältern eine längere Speisung der Lampe zu ermöglichen. **Philon von Byzanz** (um 230 v. Chr.) verbessert diesen Ölbehälter, indem er ihn so ausgestaltet, daß das Nachfließen des Öls in selbsttätig geregelter Weise bis zu konstantem Niveau erfolgt. (Abb. 317.) In seiner Öllampe steht inmitten des mit Öl gefüllten Lampengefäßes ein senkrecht nach oben führendes und an der Seite mit einem Loche versehenes Rohr. k l m n. Das Öl reicht bis über dieses Loch. Der obere Teil des Rohres ist von dem Vorratsbehälter a bedeckt, der in der Nähe seines unteren Endes zwei seitliche Ausflußöffnungen be und cd besitzt. Aus diesen Öffnungen kann nach einer einfachen physikalischen Regel nur dann Öl ausfließen, wenn der äußere Luftdruck auf die Oberfläche des im Vorratsbehälter befindlichen Flüssigkeitsspiegels wirkt. Solange die seitliche Öffnung des Rohrs von Öl bedeckt ist, ist dieser Flüssigkeitsspiegel von der Außenluft abgeschlossen. Hat die Flamme genügend Öl verzehrt, so daß das Niveau des Öls im Lampengefäße so weit sinkt, daß die Seitenöffnung des Rohrs frei wird, so wirkt der äußere Luftdruck durch diese Öffnung und das Rohr hindurch auf die Flüssigkeitsoberfläche des Vorratsbehälters: Es fließt so lange Öl aus, bis das seitliche Loch wieder davon bedeckt ist. Dann ist die Verbindung zwischen Vorratsbehälter und Außenluft wieder unterbrochen: der Vorratsbehälter spendet kein Öl mehr, bis die Öffnung wieder frei wird. Das Spiel wiederholt sich, solange der Ölvorrat reicht. Die Lampe Philons zeigt eine gute Beherrschung der physikalischen Gesetze über den Luftdruck und stellt eine vorzügliche Lösung der gestellten Aufgabe dar.

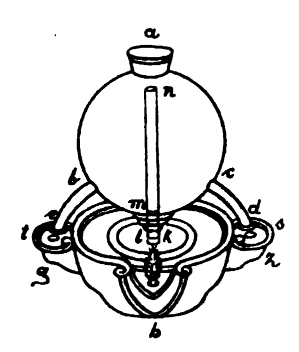


Abb. 317. Die Lampe des Philon von Byzanz.

Ebenso wie das Einfüllen ist aber auch das fortwährende Vorschieben des Dochtes eine unangenehme Beigabe beim Gebrauch dieser Lampen. Deshalb konstruiert **Heron von Alexandria** eine andere Art von selbsttätigen Lampen, bei denen dieses Vorschieben durch einen Schwimmer und Zahnradübersetzungen bewirkt wird. **Heron** (I 34) beschreibt seine Lampe folgendermaßen (nach **Wilhelm Schmidt**): „Die Lampe sei $\alpha\beta\gamma$. Durch ihre Mündung (Tülle) steckte man eine eiserne Stange $\delta\varepsilon$, die am Punkte ε leicht vorwärts gleitet. Um die Stange schlinge man lose den Docht und stelle auch eine gezahnte Welle (Zahnrad) ζ daneben, die sich leicht um eine kleine Achse bewegt, und deren Zähne in die Stange fassen sollen, damit durch eine Drehung der Welle der Docht mit Hilfe der Zähne vorgeschoben wird. Die Lampe habe in der Mitte (des Bauches) eine weitere Öffnung. Ist das Öl hineingetan, so lasse man ein Kesselchen η darauf schwimmen. Mit diesem sei ein senkrechtes, gezahntes Stäbchen ϑ verbunden, das in die Zähne der kleinen Welle fasse. Je nachdem nun das Öl verbraucht wird, erfolgt ein Sinken des Kesselchens und mit Hilfe der Zähne des Stäbchens eine Drehung des Zahnrades ζ. Die Folge davon ist, daß sich der Docht vorschiebt."

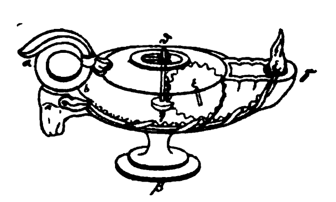


Abb. 318. Lampe des Heron von Alexandria mit selbsttätiger Dochtregelung.

Der eben geschilderte Entwicklungsgang sowie die an der Lampe angebrachten mechanischen Vorrichtungen können als Verbesserungen im Sinne der Beleuchtungstechnik nicht bezeichnet werden: Durch sie wird die Lichtstärke nicht vergrößert. Auch die Herstellung großer Lampen sowie die Verwendung dicker geflochtener Dochte bedeuten keine Verbesserung in bezug auf die Umwertung der im Brennstoff enthaltenen Energie in Licht. Die antike Lampe gibt bei verhältnismäßig großem Ölverbrauch nur ein schwaches, in seiner Farbtönung allerdings warmes Licht. Infolge ungenügender Luftzufuhr zu dem verhältnismäßig schwer verbrennlichen Öl raucht und qualmt sie stark. Juvenal (60—140 n. Chr.) erzählt (VII 222), daß der Dunst der von den Knaben mitgebrachten Lampen die Büsten des Horaz und Virgil in der Schulstube schwarz räucherte. Die Lampe bedarf auch ständiger Wartung. Die Dochte setzten infolge mangelhafter Luftzufuhr vorne „Schnuppen" von Ölruß an, die durch „Schneuzen" entfernt werden mußten, wozu die schon erwähnte kleine Zange diente. Das in den Lampen verwendete Öl war Olivenöl, Rizinusöl, Rüböl oder Leinöl, von denen das Rizinusöl nur eine schwache Flamme gab. In Babylonien soll auch Erdöl (Naphtha) gebraucht worden sein. Auch Talg wird benutzt, der flüssig in den Lampenbehälter eingegossen wird und darin erstarrt. Herodot (II 62) erwähnt, daß dem Öle Salz zugesetzt wurde. Dieser Salzzusatz hatte wohl den Zweck, der Gefahr des Entflammens der ganzen Öl- oder Talgmasse vorzubeugen, die bei offenen Lampen überhaupt, bei mit Deckeln versehenen aber in Anbetracht der Größe mancher Deckel- und Dochtöffnungen nicht ausgeschlossen war.[1]) Das Salz sollte zu weit gehender Erhitzung der Talg- und Ölmassen entgegenwirken. Da man im frühen Mittelalter dem Talge zum gleichen Zweck auch Sand beimengte, so erscheint es nicht ausgeschlossen, daß dieser Brauch schon im Altertum bestand und sich bis in das Mittelalter hinein erhielt. Da man die Lampen aus Aberglauben nicht auslöschte, sondern sie verglimmen ließ, so wurde der Ölvorrat der Brennzeit entsprechend genau abgemessen und diente daher gleichzeitig als Maß für die Zeit, nach dem man z. B. auch die Arbeitszeit der Arbeiter in den Bergwerken bestimmte. Der Lampendocht wird aus Papyrus, Binsenmark, Flachs, Hanf, den Blättern des Wollkrauts (verbascum L.), aus Teilen der Rizinuspflanze, die angeblich ein besonders gutes Licht geben, und aus dem unverbrennlichen „Karpasischen Flachs" (Asbest?) hergestellt.

Die Kerzen verwendete man in zwei Formen: solchen, die mehr an die Fackeln erinnerten, bei denen also die Faserstoffe überwogen, und solchen, die unserer heutigen Kerze ähnelten, bei denen also die Masse des Dochtes eine im Verhältnis zu der des Brennstoffs geringe war. Der Docht der letzteren Art bestand nach Niemann, dessen Angaben wir bei unseren Ausführungen folgen, aus dem Mark einer Papyrusart (scirpus); der der fackelähnlichen Kerzen wurde aus den Fasern der Papyrusstaude oder aus Stricken zusammengedreht. Als Brennmaterial verwendete man Wachs oder Talg. Die Kerzen wurden nicht, wie bei uns, gegossen, sondern in der Weise hergestellt, daß man den Docht (θρυαλλίς, filum) zunächst mit Schwefel imprägnierte. Dann tauchte man ihn wiederholt in den flüssigen Talg oder das Wachs, eine Tätigkeit, die mit dem besonderen technischen Ausdrucke „candelas sebare" = „Kerzen eintalgen" bezeichnet wurde. Das zur Kerzenbereitung dienende Wachs stellte man mit besonderer Sorgfalt in der Weise her, daß man die Waben zunächst in Wasser reinigte und dann drei Tage lang trocknete. Hierauf wurde das Wachs ausgepreßt und in einem Gefäß aus Ton oder Bronze mit Wasser gekocht. Dann seihte man es durch

[1]) „Sicherheitslampen" siehe Abb. 309.

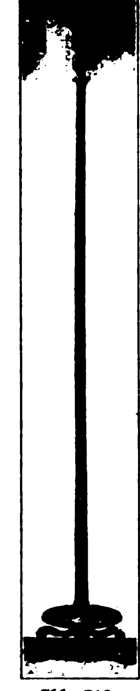


Abb. 319. Großer Bronzeleuchter (griech.). Berlin, Altes Museum, Antiquarium.



Abb. 320. Oberer Teil (Tülle) des griechischen Leuchters Abb. 319.

Binsengeflechte und kochte es mit demselben Wasser unter Zusatz von neuem kalten Wasser nochmals. Endlich bleichte man es durch wiederholtes Kochen mit Seewasser und Trocknen an der freien Luft. Man unterschied Talg- und Wachskerzen (candelae sebaceae und candelae cereae) sowie als besondere, allerdings am meisten gebrauchte Sorte die Kerzen mit nur einem Docht (candelae simplices). Die Kerzen wurden in Leuchtern oder Laternen gebrannt. Die Leuchter glichen vielfach den heute noch gebräuchlichen; sie waren Dorn- oder Tüllenleuchter und wurden aus Ton, Bronze oder Holz hergestellt. (Abb. 319 bis 323.) Die Tülle hat vielfach eine Durchbrechung, um den Lichtstumpf leicht herausnehmen zu können. Besonders praktisch ausgestaltet sind einige auf der Saalburg gefundene Leuchter, die auf beiden Seiten gebraucht werden können. Auf diesen ist je eine Tülle von



Abb. 321. Etruskischer Kerzenständer (Dornenleuchter mit wagrechten Dornen, an die die Kerzen angesteckt werden).



Abb. 322. Knabe mit Fackel als Kerzenträger (Tüllenleuchter) aus Bronze. Pompeji.

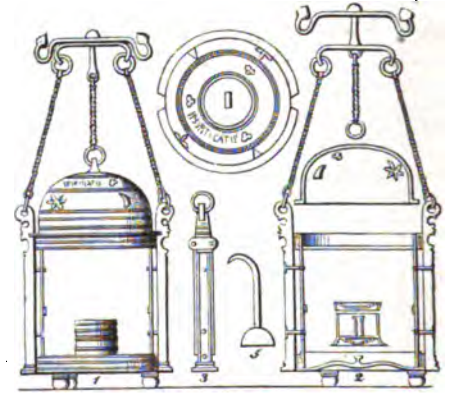


Abb. 323. Laterne aus Herculanum.
Links (1) Ansicht bei geschlossener, rechts (2) Durchschnitt bei aufgezogener Haube. 3 Ansicht einer der beiden Stützen, auf denen die Haube ruht und in deren Ring die tragenden Ketten befestigt sind. 4 Aufblick auf die Haube mit ihren Luftlöchern, durch die der Rauch der Öllampe abzog. Die Lampe hatte (s. bei 2) einen abnehmbaren Deckel, der das Verschütten des Öls verhinderte. 5 der „Löscher“, der auf die Lampe aufgesetzt wurde, um sie auszulöschen.

verschiedenem Durchmesser angebracht, so daß sie sich für Kerzen verschiedener Dicke verwenden lassen. Die Scheiben der Laternen (Abb. 323) bestanden entweder aus geölter Leinwand oder aus tierischer Blase, meist aber aus Horn, das man so lange geschabt hatte, bis der nötige Grad der Durchsichtigkeit erreicht war. Erst um 400 n. Chr. kamen Laternenscheiben aus Glas auf. Die Laterne ist aus dem geflochtenen Korbe hervorgegangen, in den man zuerst die Lampe hineinstellte, um die Flamme vor Regen und Wind zu schützen, was Aristophanes (450—385 v. Chr.) in seiner Komödie „Die Acharner" erwähnt.

Die Straßenbeleuchtung.

Alle die eben erwähnten Beleuchtungsmittel wurden fast ausschließlich im Hause gebraucht, denn eine Straßenbeleuchtung gab es im Altertume nicht. Sie war auch nicht nötig, da man sich sehr frühe legte und sich in der Regel beim Morgengrauen wieder vom Lager erhob. Wer bei Dunkelheit über die Straßen ging, der mußte sich von einem Diener eine Fackel oder Laterne vorantragen lassen oder eine solche bei sich führen, wie z. B. die Schüler Roms, die noch bei Finsternis aufbrachen, um mit den ersten Strahlen der Sonne in der Schule zu sein. Die Straßen oder einzelne Plätze wurden nur bei großen Festlichkeiten erleuchtet, was durch Feuerbrände geschah, die man in aufgestellten Becken entzündete. Man verbrannte darin Pech, Harz, Asphalt, Kien oder Gemenge aus diesen Stoffen. Außerdem wurden Fackeln in die verschiedenen Fackelhalter oder Kandelaber gesteckt. Diese Verhältnisse änderten sich auch dann nicht, als während der römischen Kaiserzeit das Nachtleben Roms beträchtliche Fortschritte machte: Die Straßen blieben nach wie vor unbeleuchtet. Hingegen scheint gegen Ende des 4. Jahrhunderts n. Chr. in verschiedenen Städten Vorderasiens eine nächtliche Straßenbeleuchtung aufgekommen zu sein. Libanius (314—393 n. Chr.) sowohl wie der Kirchenvater Hieronymus (um 345—420 n. Chr.) berichten übereinstimmend, daß in Antiochia in Syrien die Straßen bei Nacht beleuchtet waren. Die Beleuchtung Antiochias geschah durch Öllampen, die an Stricken über die Straße hingen. Auch in Cäsarea in Kappadozien muß eine derartige Straßenbeleuchtung bestanden haben, wie aus Äußerungen Basilius' des Großen aus dem Jahre 371 n. Chr. hervorgeht.

Leuchttürme.

Besser ausgebildet als die Straßenbeleuchtung war die der Leuchttürme, von denen während des Altertums eine ganze Anzahl errichtet wurden. Schon zu Homers Zeiten waren vielfacher Annahme zufolge an den Küsten Feuerwachen errichtet (Odyssee X 30 und Ilias XVIII 207 bis 213, XIX 375, 377), die das zur Sicherung der Schiffahrt dienende Licht dadurch erzeugten, daß man auf besonderen Warten Reisigbündel verbrannte. Nach neueren Untersuchungen von Hennig handelte es sich dabei aber um Signalfeuer zur Heranholung von Hilfskräften oder um zufällig brennende Feuer. Die Frage, ob es zu Homers Zeiten Leuchtfeuer gab, die sich nur auf sprachlicher Unterlage lösen läßt, erscheint augenblicklich noch nicht hinreichend geklärt. Immerhin erscheint die Annahme von Feuerwarten für die Schiffahrt in sehr alter Zeit schon deshalb berechtigt, weil der Gedanke, dem vom Einbruch der Nacht überraschten Schiffer die Stelle der Landung bekannt zu

geben, ja ein außerordentlich naheliegender ist. Allmählich wurden diese Warten immer höher und prachtvoller. Einzelne davon, wie z. B. der mit einem Kostenaufwand von 800 Talenten = 3 600 000 Mark (299 bis 280 v. Chr.) erbaute Leuchtturm von Alexandria (Plinius XXXVI 12, 83. Cäsar, De bell. civ. III 112, Lucanus, Pharsalia IX 1004, Strabo, Geographica XVII 1,6), der aus weißem Marmor errichtet war und mehrere Stockwerke besaß, auf deren Terrassen man umhergehen konnte, erlangten Weltberühmtheit. Nach Hennigs gründlichen Unter-

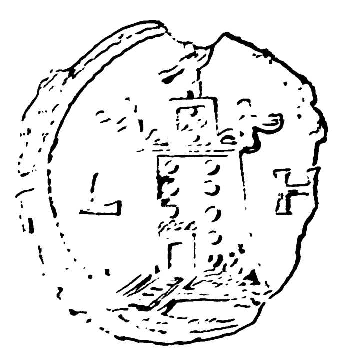


Abb. 324. Der Leuchtturm von Alexandria nach einer alexandrinischen Medaille.

Diese Darstellung wird von Geitel u. a. als wahrscheinlich richtig, wenigstens inbezug auf die äußere Form des Turmes gehalten. Oben Götterbilder.

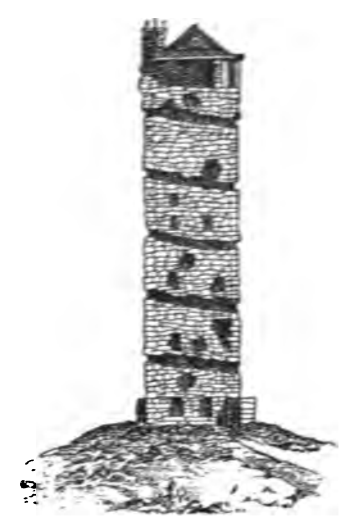


Abb. 325. Der römische Leuchtturm „Torre di Hercules“ von Coruna (Brigantium).

Der Leuchtturm steht heute noch im Gebrauch. Er hatte früher eine Außentreppe (Wendeltreppe), deren Spuren noch im Mauerwerk zu sehen sind. Er dürfte unter Kaiser Trajan ums Jahr 100 n. Chr. errichtet worden sein.

suchungen war der Leuchtturm von Alexandria zunächst ein Tageszeichen für die Schiffahrt, das erst nach dem Jahre 41 und vor dem Jahre 65 n. Chr. von den Römern in einen Leuchtturm verwandelt worden ist. Nach dem gleichen Verfasser dürfte der aus dem Jahre 42 n. Chr. stammende Leuchtturm von Ostia als der älteste echte Leuchtturm der Welt anzusprechen sein. Wie freilich die Beleuchtungseinrichtung dieser alten Leuchttürme ausgestaltet war, darüber sind uns nur spärliche Nachrichten erhalten. Wahrscheinlich aber handelt es sich meist um offene Feuer, die in freier Luft ohne Laterne brannten. So erwähnt z. B. der jüdische Schriftsteller Josephus (37 bis nach 95 n. Chr.) (βίος VI 10,5), daß auf dem Pharus von Alexandria ein offenes Holzfeuer von eigens dazu angestellten Wächtern unterhalten wurde. Dieses Feuer leuchtete — gleichfalls dem Berichte des Josephus zufolge — 300 Stadien (also etwa 57 km) weit. Die Abbildung eines solchen Feuers ist uns auf einem Relief erhalten, das den von Kaiser Claudius an der Tibermündung bei Ostia errichteten Hafen nebst seinem Leuchtturme darstellt. Hier brennt auf dem obersten Absatze des in mehreren Terrassen sich aufbauenden Turms eine hohe, offene Flamme. Vermutlich erzeugte man sie durch Entzünden von Holz, das mit Teer, Harz und Asphalt gemischt oder getränkt war. Die Leuchtkraft solcher offener Feuer, deren Licht weder durch Hohlspiegel noch durch Linsen gesammelt wurde, dürfte aber kaum so stark gewesen sein, wie Josephus oben angibt. Derartige

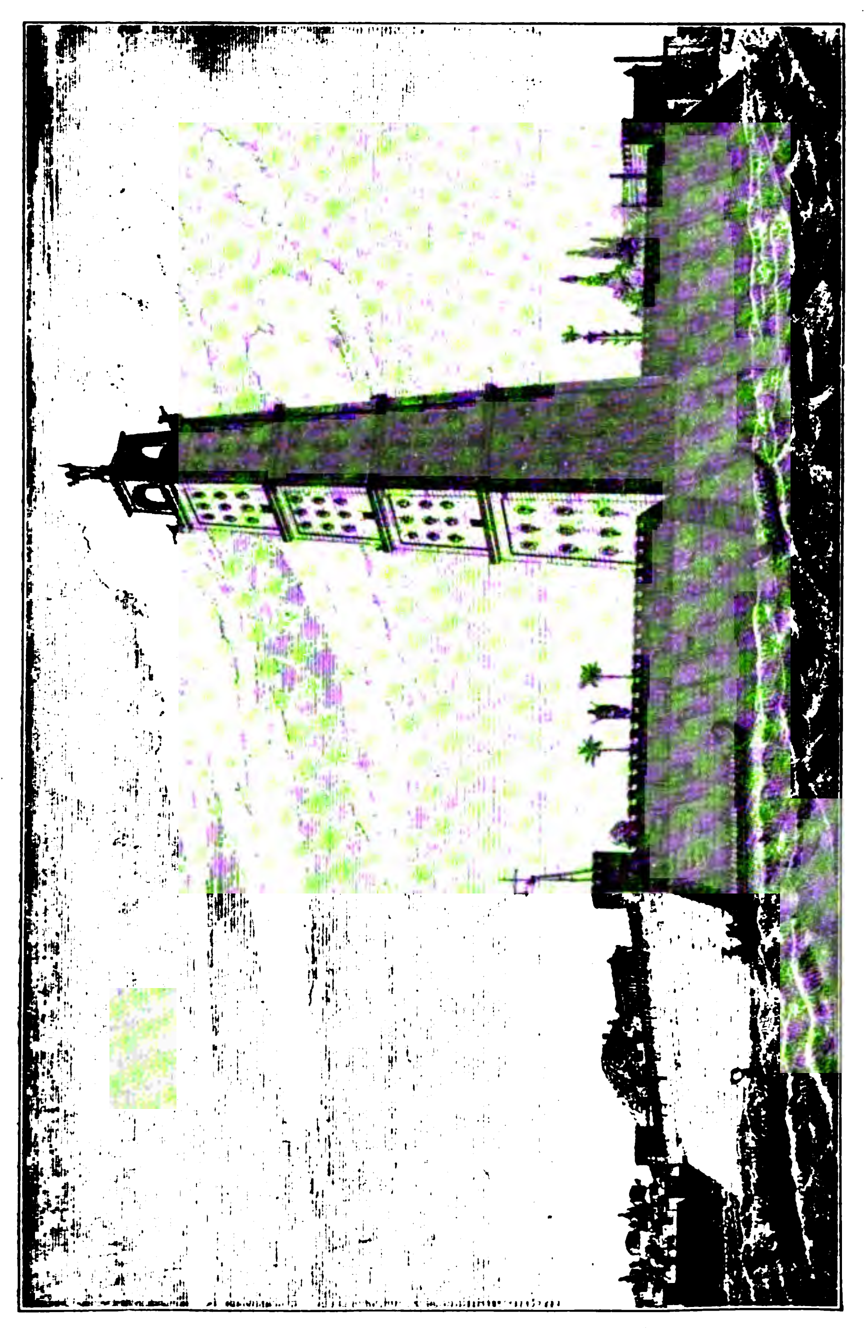


Abb. 326. Der Leuchtturm von Alexandria (Rekonstruktion).

Sichtweiten lassen sich nur mit neuzeitlichen Hilfsmitteln erreichen und auch hier nur bei großen Leuchtfeuern, wobei eben dann in der angegebenen Entfernung auch nicht das Feuer selbst, sondern nur der Schein der Blitze zu sehen ist.

Die Heizung.

Die Brennmaterialien.

Die Brennmaterialien des Altertums waren das Holz, die Holzkohle, die Steinkohle, eine Art von Preßkohle, sowie der Torf. Von diesen spielten die letzten drei, ebenso wie das zuweilen gebrauchte getrocknete Schilf, nur eine sehr untergeordnete Rolle. Die Preßkohle, die Theophrast (De ign. 37) erwähnt, wurde nur für gewisse technische Zwecke, insbesondere bei Erzarbeiten verwendet und durch Zusammenpressen von Holzkohle mit Pech oder Teer als Bindemittel hergestellt. Die Steinkohle kam in den Mittelmeerländern überhaupt nicht zur Anwendung. Man brannte sie, ebenso wie die mit ihr so nahe verwandte Braunkohle, nur an ganz vereinzelten Orten, wo sie sich eben gerade vorfand, vor allem in Gebieten der Ruhr und Saar sowie in Großbritannien. Ebenso ist es mit dem Torf. Er war allen südlicheren Völkern als Brennmaterial vollkommen unbekannt, und die Römer sahen diese Verwendung wohl zum erstenmal, als sie mit den Germanen in Berührung kamen. So berichtet Plinius von den an der Nordseeküste wohnenden Chauken: „Zum Fischfange flechten sie Netze aus den Binsen ihrer Sümpfe, deren Schlamm sie mit den Händen formen und unter dem trüben Himmel im Winde trocknen. Mit dem Brande dieser Erde kochen sie ihre Speisen und erwärmen die vom Eise des Nordens erstarrten Glieder.“ Wir werden uns deshalb bei unserer Betrachtung lediglich mit den beiden wichtigsten Brennmaterialien des Altertums, dem Holze und der Holzkohle zu beschäftigen haben.

Über das erstere ist nicht viel zu sagen: Man nahm es, wo man es gerade fand und scheute sich nicht, für Brenn- sowie für technische Zwecke ganze Wälder einfach abzuholzen, ohne durch Aufforsten für einen entsprechenden Nachwuchs zu sorgen. Noch heute finden wir Spuren dieser unter den Römern gebräuchlichen Mißwirtschaft. Als Beispiel sei das große Gebiet des Karstgebirges erwähnt, das zur Römerzeit dicht bewaldet war, und das man abholzte, um Brennmaterial, sowie Holz für Schiff- und Häuserbau zu gewinnen. Da nach dem Abholzen der Waldboden nicht mehr durch das Wurzelwerk der Bäume zusammengehalten wurde, so wurde er vom Wind und Regen fortgeführt und weggewaschen. Noch heute besteht dies große, einst so waldreiche Land aus nackten, bloßen Felsbergen. Wie man die Bäume fällte und das Holz zerkleinerte, wurde bereits an anderer Stelle behandelt (siehe den Abschnitt „Die Bearbeitung des Holzes“ S. 71).

In vielleicht noch weiterem Umfang als das Holz benutzte man im Altertume die Holzkohle als Feuerungsmaterial. Sie war schon zu Homers Zeiten im Gebrauche, wie aus einer Stelle der Ilias (IX 212) hervorgeht:

„Als nun die Loh ausbrannt und des Feuers Blume verwelkt war,
Breitet er hin die Kohlen und richtete drüber die Spieße“.

Ihre Herstellung bildete ein wichtiges technisches Gewerbe, der Stand der Köhler war ein zahlreicher und weit verbreiteter. Zum Brennen des Holzes ver-

wendete man alle möglichen Holzarten, von denen einige Eichen sowie der Buchsbaum weniger beliebt waren, da sie keine sehr gute Kohle lieferten. Das Brennen geschah, genau so wie heute noch, in Meilern. Der Meiler wurde, um in seinem Innern die Luft möglichst auszuschließen, aus glatten Hölzern aufgeschichtet, die sich dicht aneinanderschmiegten und wenig Luftraum zwischen sich ließen. Dann bedeckte man den halbkugelförmigen Meiler mit Erde und zündete ihn an. Während des Brennens stieß man mit langen Stangen hinein, um dem Rauch und den Schwelgasen hinreichenden Abzug zu verschaffen. Ob der Kohlenmeiler in der Mitte einen senkrechten Kanal hatte, wie dies später vielfach üblich war, ist nicht bekannt. Manche Meiler wurden in besonderer Weise aufgeschichtet und am Boden mit einer Abzugsrinne versehen, um durch trockene Destillation der oberen Holzschichten Teer zu gewinnen. Man verfuhr dabei derart, daß man, insbesondere in den oberen Schichten, die Luftzufuhr noch mehr beschränkte als bei gewöhnlichen Meilern, so daß hier überhaupt keine Oxydation mehr stattfinden konnte. Wo nur eine Spur einer solchen, also eine aus dem Meiler schlagende Flamme zu bemerken war, warf man sofort Erde auf, um sie zu ersticken. Am Meiler standen zu diesem Zwecke sowie zur Beobachtung Leitern bereit. Der Teer, der nach oben nicht entweichen konnte, floß nach unten ab und wurde in einer Grube gesammelt. Dann wurde er in kupfernen Kesseln, unter Zusatz von Essig gekocht, um das zum Auspichen der Fässer dienende „bruttische Pech" zu gewinnen (Plinius XVI 52). Dieses Pech diente auch zum Auskleiden der Innenseite von Weinamphoren, zum Teeren der Schiffe, zum Anstreichen der Dächer, um sie wasserdicht zu machen — kurzum zu so ziemlich denselben Zwecken, zu denen wir es auch heute noch in seiner ursprünglichen Form zu verwenden pflegen. Im übrigen aber bereitete man es nicht nur in Meilern, sondern auch in besonderen Öfen, wohl in einer Art von Muffelöfen, die jedoch — im Gegensatze zu den heutigen — nicht mit einem nach oben gehenden Abzugsrohr für die Produkte der trockenen Destillation, sondern mit einer im Boden befindlichen Rinne versehen gewesen sein dürften, in die der Teer abfloß.

Die Feuerstätten: die Formen der Herde.

Unter den verschiedenen Feuerstätten, auf und in denen man das Brennmaterial verbrannte, ist der Herd die älteste und während des ganzen Altertums verbreitetste. Wie vorgeschichtliche Funde zeigen, hat er sich in folgender Weise entwickelt. Das Feuer war ein kostbares Gut, das streng gehütet werden mußte, machte seine Wiederentzündung doch große Schwierigkeiten. Um es daher vor dem Regen und insbesondere dem Winde zu schützen, grub man ein Loch in die Erde und zündete es darin an. Dieses Loch ist die älteste Herdform (Abb. 327, 328 u. 329 S. 352), wenn man eine solche nicht darin erblicken will, daß man sich oft auch nur damit begnügte, um das Feuer herum Steine aufzustellen, die gleichfalls einen Schutz sowie die Möglichkeit darboten, gewisse Nahrungsmittel, insbesondere Fleisch, in bequemer Weise über dem Feuer zu rösten. (Abb. 330 S. 352.) Der am Boden befindliche Herd, der heute noch bei vielen wilden Völkerschaften im Gebrauch steht, wurde in dem Maße erhöht, wie der Mensch vom Hocken zum Stehen und Sitzen überging. Man türmte Steine übereinander und zündete auf ihnen das Feuer an. (Abb. 331 u. 332 S. 353.) In dieser Grundform tritt uns nun der Herd im Altertume mit zahlreichen Abänderungen entgegen. Bald ist er ein einfaches Mauerwerk mit ebener Oberfläche, auf der das Feuer brennt, bald wieder wird der Rand erhöht, bald schichtet man nur Feldsteine

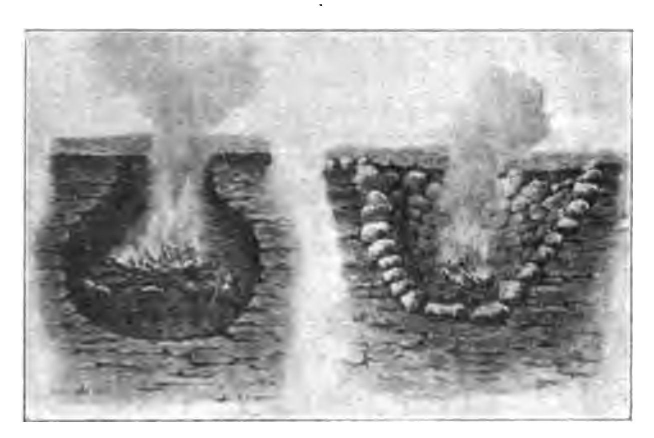


Abb. 327 u. 328. Älteste Herdformen.
Links Herdstelle, aus einem in die Erde gegrabenen Loche bestehend ohne Steinauskleidung (gefunden bei Lobositz an der Elbe); rechts Herdstelle gleicher Art, jedoch mit Steinauskleidung (gefunden bei Platkow an [illegible] der Oder). Beide Herdstellen etwa 1 m tief. Nach Modellen im Deutschen Museum zu München.



Abb. 329. Wohngrube mit Herd.
Durch Erweiterung des in die Erde gegrabenen Herdes (auf dem Bilde unten) entsteht die Wohngrube die Grundlage der Wohnstätte. — Fundort: Großgartach. — Deutsches Museum München.



Abb. 330. Herdstelle, älteste Herdform, aus Steinen bestehend, die um das Feuer herumgestellt sind. Original im Landesmuseum Zürich.

auf und hält sie durch einen aus Balkenwerk gebildeten Holzrahmen zusammen usw. usw. (Abb. 333.)

Ebenso mannigfach wie die Formen des Herdes sind die der Vorrichtungen, die dazu dienten, die Kochkessel und sonstigen Kochgeschirre über dem Feuer anzu-



Abb. 331. Steinherd, aus zusammen- und übereinander gestellten Steinen bestehend. Fundort Buch (Mark Brandenburg). — Märkisches Museum Berlin.



Abb. 332. Steinherd aus übereinandergelegten Steinen. Fundort: Buch (Mark Brandenburg). Märkisches Museum Berlin.

bringen. Bald hat die Herdplatte eine tiefe Rinne, die das Feuer aufnimmt, und deren Ränder die Gefäße stützen, bald wieder stellt man diese auf Dreifüße, bald hängt man sie an Haken auf, bald aber verwendet man eigentümlich geformte Steine von Würfel- oder polygoner Form, die innen hohl und an den Seiten sowie oben mit Öffnungen versehen sind. Der Kochtopf wird auf die obere Öffnung gestellt, die Flammen schlagen von der Seite her in die Seitenöffnungen hinein und dann durch den Kanal nach oben gegen den Boden des Topfes. Bei allen Ausgrabungen findet man bald die

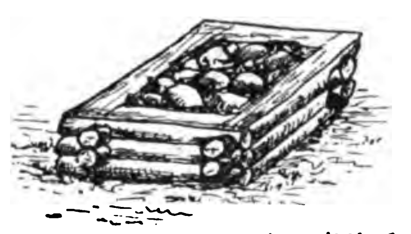


Abb. 333. Herd aus Feldsteinen die durch ein Balkenwerk zusammengehalten sind.

eine, bald die andere, bald wieder mehrere, oft sogar, wie z. B. auf der Saalburg, zahlreiche Formen derartiger Herde. Alle diese Herde verräucherten die Räume, in denen sie standen; das Hauptzimmer des römischen Hauses, ursprünglich der einzige Raum, in dem auch der Herd stand, erhielt seinen Namen „atrium" vom Rauche (ater = schwarz). Schornsteine gab es nicht, auch nicht in Pompeji, wie mehrfach irrtümlicherweise behauptet wurde. Nur an Backöfen finden sich dort Röhren, um den Dunst abzuführen. Erst an den eigentlichen Heizungen werden Abzugsröhren für den Rauch angebracht. Wollte man das Verräuchern der Wohnung bei Herden vermeiden, so verwendete man als Heizmaterial kein Holz, sondern Holzkohle.

Kohlenbecken und ihre Abarten.

Der Herd hatte, eine so wichtige Rolle er auch spielte, einen großen Nachteil: Er war unbeweglich. Sobald er daher nicht nur zur Bereitung der Speisen, sondern auch zur Erwärmung der Räume dienen sollte, mußte er in dem Augenblicke versagen, wo man mehr als einen Raum bewohnte. Dann ersetzt man ihn durch eine andere Vorrichtung, die nicht mehr, wie er, zwei Zwecken — der Bereitung der Speisen und der Heizung — sondern nur noch als Heizung diente. Diese Vorrichtung ist die Kohlenpfanne. Die Kohlenpfanne stellt ein im Altertume weit verbreitetes Heizgerät dar, das uns in den mannigfachsten Ausführungsformen, oft ein wahres Kunstwerk von wunderbarer Schönheit, entgegentritt, das aber gleich dem Herde den Nachteil aufweist, daß die Verbrennungsprodukte auch dann, wenn man besondere Kamine anbringt, zum Teil ins Zimmer gelangen. Im übrigen aber muß das Kohlenbecken als eine gute Art der Heizung bezeichnet werden, obschon allgemein die Ansicht verbreitet ist, daß es nur eine ungenügende Heizkraft besessen haben könne. Gegen diese Annahme sprechen verschiedene Umstände: Zunächst einmal die Angaben von Leuten, die, wie z. B. vor allem Winckelmann, die noch jetzt in südlichen Ländern im Gebrauch stehenden Kohlenbecken kennen lernten und ihre vorzügliche Wirkung rühmten. Dann aber beweisen Funde wie z. B. das Tepidarium der Männerabteilung der Bäder des Forums zu Pompeji, daß man mit solchen Kohlenbecken auch sehr große Räume zu heizen vermochte. Endlich aber haben eingehende Untersuchungen von Krell ergeben, daß mit einem verhältnismäßig kleinen Kohlenbecken ganz beträchtliche Räume geheizt werden können. Krell schreibt: „Das in Pompeji in dem Tepidarium der Forumsbäder aufgefundene, an dem Orte seiner ehemaligen Verwendung stehende bronzene Kohlenbecken von

$$2{,}33 \text{ m} \times 0{,}8 \text{ m} = 1{,}88 \text{ qm Brennfläche}$$

ist allein schon hinreichend, um eine größere Kirche, wie z. B. die Egidienkirche in Nürnberg, in welcher mehr als 2000 Zuhörer Platz haben, mit Sicherheit bei größter Winterkälte zu beheizen". Auch die Frage, ob durch den Gebrauch solcher antiker Kohlenbecken die Luft eines Raumes derart verschlechtert werden kann, daß Gefahren für die Gesundheit entstehen, bildete den Gegenstand eingehender Forschungen, deren Ergebnis man dahin zusammenfassen kann, daß bei niederer Temperatur im Verbrennungsraum ausschließlich Kohlensäure entsteht. Kohlenoxydgas bildet sich nur bei hohen Temperaturen und in um so größerem Verhältnis, als die Temperatur im Verbrennungsraume steigt. Unter Zugrundelegung dieser Tatsachen war zunächst zu untersuchen, ob der Kohlensäuregehalt bis zu einer gefährlichen Grenze ansteigen kann. Diese Frage ist nach Krell zu verneinen: Selbst wenn man einen Baderaum

von 357 cbm Inhalt von Null Grad auf 60 Grad erwärmen will, wobei stündlich 36 860 Wärmeeinheiten zuzuführen sind, enthält bei einmaligem stündlichen Luftwechsel bei stündlicher Verbrennung von 5,14 kg Holzkohle mit einem Heizwert von 7180 Wärmeeinheiten pro kg die Luft nur 2,3% Kohlensäure. Wenn auch Pettenkofer früher den zulässigen Kohlensäuregehalt der Atemluft weit geringer angegeben hat (1 Raumteil Kohlensäure auf 1000 Raumteile Luft), so zeigen doch neuere Untersuchungen von Emmerich sowohl wie von Lehmann, daß auch bei 2% Kohlensäure selbst dann keine schädlichen Folgen eintreten, wenn dieser Gehalt zuweilen auf 6—12% ansteigt. Im übrigen aber ist der oben angenommene Temperaturunterschied von 60 Grad ein viel zu hoher. Legt man normale Verhältnisse zugrunde, so ergibt sich, daß z. B. bei einem Raume von 266 cbm Inhalt ein Kohlensäuregehalt der Luft von 0,47% vorliegt, der niemals nachteilig wirken kann. Nur in sehr kleinen und sehr dicht verschlossenen Räumen hält Krell eine Gefahr für nicht ausgeschlosssen. Anders liegt die Frage bezüglich der Schädlichkeit des entwickelten Kohlenoxyds. Wenn auch Eckardt bei Versuchen mit einem 0,25 m breiten und 0,35 m langen Kohlenbecken sowie bei einer Schichthöhe der Holzkohle von 10—15 cm nur eine ganz geringe Entwicklung von Kohlenoxyd feststellen konnte, die er als „Spur" bezeichnete, so vermochte doch Verfasser bei seinen Forschungen über die Geschichte der Kohlenoxydgasvergiftungen zahlreiche Berichte gerade aus dem Altertume zusammenzustellen, die die Gefährlichkeit derartiger Kohlenbecken infolge der Möglichkeit von Kohlenoxydgasvergiftungen beweisen. Unter den Berichten aus dem Altertume seien vor allem die von Titus Lucretius Carus (96—55 v. Chr., De rerum natura VI 803 und 792), ferner die von Galen (131—200 n. Chr.), Erasistratus (um 300 v. Chr.), Kaiser Julianus Apostata (regierte 361—363 n. Chr.) usw. usw. erwähnt. Im allgemeinen hat sich gezeigt, daß bei der Verwendung von Schichthöhen von nicht mehr als 0,15 m das Kohlenbecken der Alten bei Innehaltung einer niedrigen Verbrennungstemperatur als ungefährlich gelten kann. Bei dem vielfachen Gebrauche dieser Kohlenbecken kann man wohl den Schluß ziehen, daß man im Altertume die Kunst, mit ihnen richtig, d. h. bei niedriger Schichthöhe und niedriger Temperatur zu heizen, wohl verstand, daß aber andererseits die mannigfachen Berichte von Kohlenoxydgasvergiftungen beim Gebrauche derartiger Becken den Beweis für ihre Gefährlichkeit bei unrichtiger Behandlung erbringen.

Das Kohlenbecken bot gegenüber dem Herde den Vorteil, daß man es in jedem beliebigen Raume verwenden konnte. Es hatte gegen ihn den Nachteil, daß sich darauf keine Speisen bereiten ließen. Man suchte nun beide Annehmlichkeiten zu vereinen und schuf Kohlenbecken, die, wenn auch nicht direkt zur Speisenbereitung, so doch zur Herstellung warmer Getränke, insbesondere des vielbeliebten Glühweins, der „calda", sowie zum Warmhalten der Speisen dienten. Über derartige Becken, die in sehr schöner Ausführung in Pompeji gefunden wurden, und bei denen die Erwärmung von Speisen mit Hilfe von warmem Wasser bewirkt wurde, schreibt Overbeck: „Sie bestehen wie die Feuerbecken aus einer Feuerplatte mit umgebendem Rande, der jedoch doppelt und oben verschlossen eine rundumlaufende Rinne für Wasser bildet. Wird nun das Innere des Feuerbeckens mit glühenden Kohlen gefüllt, so mußte, wie leicht einzusehen, das umgebende Wasser schnell erwärmt werden, und die obere Fläche der erhitzten Röhre oder Rinne konnte zum Aufstellen heiß zu haltender Schüsseln dienen, während immerhin auch die aufsteigende Glut des Feuerbeckens zu gleichem Zwecke verwendet worden sein mag. Zu gleicher Zeit konnte man das kochende Wasser benutzen, welches durch einen Hahn abgezapft wurde. In aller Einfachheit zeigt der nied-

lich verzierte Herd rechts in Abb. 334 u. 335 diese Einrichtung, während derjenige links noch um ein geringes vervollkommnet erscheint. Er gleicht im ganzen einem kleinen Befestigungswerke mit einem Zinnenkranze, welcher als Ornament für derlei Herde und Feuerbecken ganz besonders beliebt war. An den vier Ecken dieses Herdchens erheben sich kleine, ebenfalls zinnenbekränzte Türme, welche mit einem Klappdeckel verschlossen sind; wurde dieser zurückgeschlagen, wie es bei dem einen Türmchen in der Abbildung ersichtlich ist, so konnte man ein Gefäß etwa mit zu erwärmender Brühe unmittelbar in das heiße Wasser stellen, welches zu anderweitigem Gebrauche durch den an der linken Fläche erkennbaren Hahn abgezapft wurde."

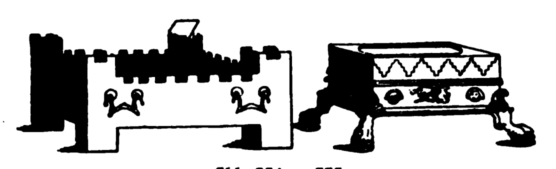


Abb. 334 u. 335.
Tischherde aus Bronze (Pompeji) zum Warmhalten der Speisen und zur Bereitung von heißem Wasser.

Noch bemerkenswerter ist der in der nächsten Abbildung in Ansicht und Durchschnitt dargestellte Kohlenbeckenherd. (Abb. 336.) Auf seiner Platte befindet sich ein halbrundes nach vorne offenes Feuerbecken, dessen Doppelwände zur Aufnahme von

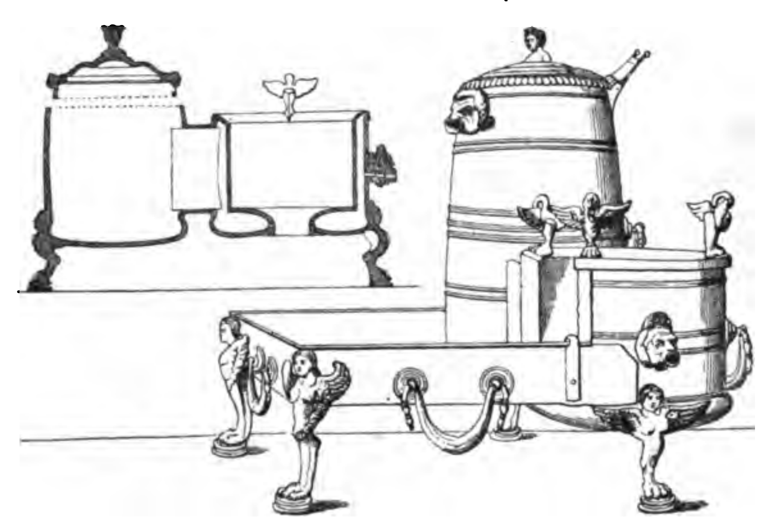


Abb. 336. Kohlenbeckenherd aus Pompeji. Ansicht und Durchschnitt.

heißem Wasser dienen. Auf seinem Rande sitzen drei Schwäne, auf die der zu erhitzende Kessel gestellt wird. Das entzündete Kohlenfeuer erhitzt also gleichzeitig das Wasser und den Inhalt des auf den Schwänen stehenden Gefäßes. Seine Hitze wird durch die Form der Feuerstelle, die von vorne her durch die senkrechte Öffnung im Halbrund leicht zugängig ist, zusammengehalten. Mit dem Wassergefäße, dessen heißes Wasser durch einen Hahn abgezapft werden kann, steht ein tonnenförmiger Behälter in Zusammenhang, der mit einem Klappdeckel verschlossen und in der Nähe des oberen Randes mit einer Öffnung in Maskenform versehen ist. Durch diese Anordnung erreicht man, daß durch das Kohlenfeuer ein noch größerer Vorrat von heißem Wasser

als der zwischen den Hohlwänden des Halbrunds befindliche geschaffen wird. Die am oberen Rande befindliche Öffnung gewährt dem Dampfe die Möglichkeit zu entweichen. Bei den zur Bereitung der „calda“ dienenden Gefäßen (Abb. 337) ist im Innern des Raumes, der das zu erhitzende Gemenge aus Wein, Honig und Wasser aufnimmt, ein von außen her oder nach dem Öffnen des Deckels leicht zugängiges Bronzerohr angebracht, das mit glühenden Kohlen gefüllt wird, eine Einrichtung, die wir uns jetzt wieder, jedoch für die Kältetechnik zu eigen gemacht haben, gibt es doch Gefäße aus Glas, die genau den altpompejanischen gleichen, deren Röhre man aber mit Eis füllt.

Abb. 337.
Gefäß zur Bereitung der „calda“.
Raum A nimmt das Getränk auf. B Rohr, das mit glühenden Kohlen gefüllt wird; L M Metallröhren des Rostes, durch welche die in A befindliche Flüssigkeit zirkuliert. (Siehe auch Abb. 340 S. 258.)
Fundort: Pompeji.

Öfen.

Feststehende Öfen kannte man im Altertume nicht, hingegen gestaltete man das Kohlenbecken dadurch, daß man den Feuerraum allseitig schloß, zu einer Art von tragbarem Ofen aus. Ein solcher in Pompeji gefundener Ofen besteht aus einem mit Feuertür versehenen Metallzylinder, der auf drei Löwenfüßen steht. (Abb. 338.) Der Metallzylinder ist etwas oberhalb der Hälfte seiner Höhe mit einem Paar durch Löwenköpfe verkleideten Löchern versehen. Sie dienen zur Erzeugung des im Feuerraume nötigen Zuges. Oben ist ein kupferner Kessel eingelassen, so daß der Ofen sowohl zur Heizung wie zum Erhitzen von Wasser bestimmt gewesen sein dürfte. Die im Deutschen Museum zu München befindliche Rekonstruktion eines altgriechischen tragbaren Ofens, dessen Trümmer auf dem Meeresgrunde gefunden wurden, enthält eine durchlöcherte Feuerstelle, also einen Rost. (Abb. 339 S. 258). Die Feuerstelle befindet sich im oberen Teile des Ofens, der darunter liegende Zylinder ist mehrfach durchlöchert, so daß von unten her genügend Luft in die Kohlen strömen kann. Er dient zugleich als Aschenkasten für die durch die Öffnung des Rostes hindurchfallende Asche. Technisch betrachtet liegt hier eigentlich ein Mittelding zwischen Kohlenbecken und Ofen vor. Der Rost tritt uns auch in einem pompejanischen Kessel entgegen (Abb. 340 S. 258), der gleichfalls zur Heizung und gleichzeitig zur Bereitung von heißem Wasser gedient haben dürfte, das allerdings, da am Wassergefäß kein Hahn angebracht ist, mit dem Schöpflöffel entnommen werden mußte. Hier ist der Heizraum kuppelförmig ausgebildet, so daß eine große Heizfläche gewonnen wird. Vorn ist die Feuertür, hinten eine kleine Öffnung, durch die die Feuergase entweichen. Sehr bemerkenswert ist, daß die Roststäbe hohl und röhrenförmig ausgestaltet wurden, so daß eine Kühlung durch das in ihnen befindliche Wasser stattfindet, das von beiden Seiten heraus dem unten ringförmigen Wasserraume zutritt. Hierdurch wird das bei festen Roststäben sehr häufige Durchbrennen verhütet. Derartige röhrenförmige Roststäbe finden sich noch an dem oben

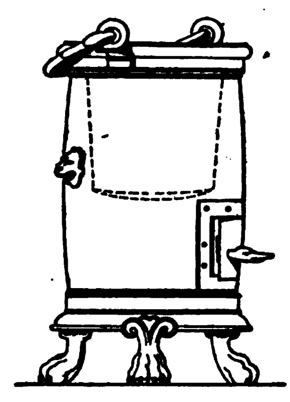


Abb. 338. Tragbarer Ofen aus Pompeji.

erwähnten pompejanischen, zur Bereitung der „calda" dienenden Gefäße, dessen Feuerröhre nach hinten gekrümmt ist, so daß die „calda" nach vorne zu ausgegossen werden kann, ohne daß Kohlen herausfallen. Die Asche gleitet zwischen den Roststäben hindurch auf den Untersatz, über dem das Gefäß auf einem künstlerisch ausgestatteten Dreifuß stand. Im übrigen aber scheint der Rost bei den Germanen schon früher als bei den Römern bekannt gewesen zu sein. Wenigstens hat sich bei Oberlahnstein ein aus der La-Tène-Zeit (400 v. Chr. bis Chr. Geburt) stammender, in den

Abb. 339. Durchschnitt eines altgriechischen tragbaren Ofens (Rekonstruktion). München, Deutsches Museum.

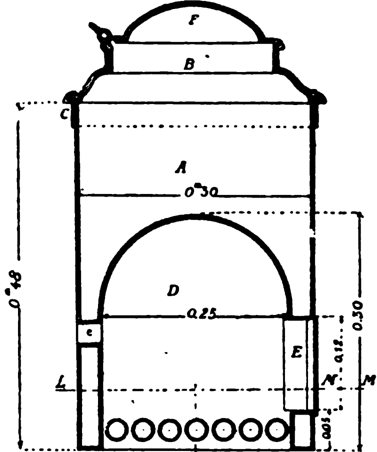


Abb. 340. Kessel mit röhrenförmigen Roststäben (Pompeji).

gewachsenen Lehm eingeschnittener Ofen gefunden (Abb. 341), „dessen aus ziegelhart gebrannter Masse bestehende Wände anfangs senkrecht in die Höhe gehen, nach oben sich aber kelchartig erweitern. In der Mitte desselben steht ein 34—40 cm dicker und 55 cm hoher Pfeiler, an den sich oben etwa zehn, eine Art Rost bildende Arme anschließen. Die Feueröffnung ist nach Art der römischen praefurnia (siehe unten) gebildet. Die zahlreich gefundenen Scherben stammen aus der Spät-La-Tène-Zeit.



Abb. 341. Germanischer Ofen mit Rost (La Tène-Zeit). Fundort: Oberlahnstein.

Auf der großen Kreisfläche konnte eine Anzahl von Gefäßen gleichzeitig aufgestellt werden, so daß der Ofen den Dienst eines größeren Wirtschaftsherdes versah. Gegenüber den bis jetzt gefundenen Feuerstellen und den Resten kunstlos zusammengesetzter Steinherde bedeutet er jedenfalls einen großen Fortschritt" (Dragendorff und Bodewig).

Die Erhitzung größerer Wassermassen.

Handelte es sich um die Erhitzung größerer Wassermassen, wie z. B. für Bäder, so wendete man eigenartige Einrichtungen an, von denen besonders die in Pompeji gut erhalten sind. Die Art und Weise ihrer Behandlung und Wirkung ist strittig. Wir lassen deshalb zunächst die gegenüberstehenden Meinungen folgen, um dann unsere auf Grund an Ort und Stelle gemachter Studien gewonnene Ansicht zu äußern. Es handelt sich um die Kesselkonstruktion zur Erwärmung des Wassers in den Badewannen im Caldarium des Frauenbades der Stabianerthermen zu Pompeji, worüber Jacobi schreibt (Abb. 342): „Der horizontal liegende Kessel, aus 7—8 mm starken Bronzeblechen vernietet, ist oben halbkreisförmig, unten über dem Feuerraume flach. Höhe im Querschnitt 0,53 m, Breite 0,76 m, bei einer Länge von 1,76 m. Das eine Ende des Kessels ist geschlossen, das andere offene Ende ist in die Stirnwand der 4,68 m langen, 1,96 m breiten und 0,62 m tiefen Wanne so eingeschlossen, daß der flache Boden des Kessels 0,17 m tiefer liegt als der Boden der Wanne. Auf diese Weise kann das Wasser der Wanne frei in dem Heizkessel zirkulieren."

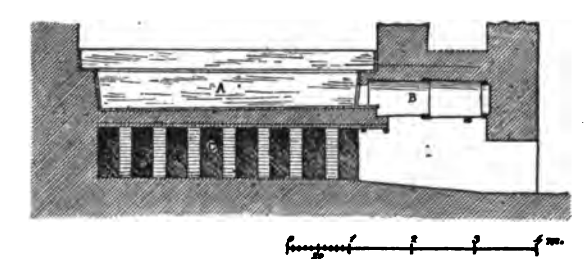


Abb. 342. Kessel zur Erwärmung des Wassers (im Caldarium des Frauenbads der Stabianerthermen zu Pompeji). A Wanne, B Kessel, D Feuerraum.

„Overbeck-Mau und mit diesem auch Jacobi sind der Meinung, daß die unter diesem Kessel streichenden Verbrennungsprodukte weiterhin unter der steinernen Wanne durchziehen, um sodann auch noch den hohlen Fußboden und die hohlen Wände und Decken des Caldariums und Tepidariums des Frauenbades zu beheizen" (Krell).

Gegen diese Ansicht macht nun Krell geltend, daß eine derartige Einrichtung das heute noch wie neu aussehende, mit weißem Marmor ausgefütterte Bassin der Wanne hätte zerstören müssen. Dann aber weist Krell bei anderer Gelegenheit darauf hin, daß eine Feuerung unter dem Fußboden in Pompeji überhaupt nicht statthatte, sondern daß es sich bei derartigen angeblichen Feuerungsanlagen lediglich um Einrichtungen zur Trockenlegung der Räume handelte. Endlich aber hätte die Heizung, um warmes Wasser zu bekommen, mindestens 24 Stunden vor der Badezeit einsetzen müssen. Krell ist der Ansicht, daß der Kessel durch einfaches Einschieben von glühenden Holzkohlen in den darunter befindlichen Feuerraum geheizt wird. Die Luft strömte vom Raum unter der Wanne und von dem Zwischenraum in den Wänden her gegen den Feuerraum zu. Sie wurde also zur besseren Trocknung

abgesaugt. Von hier aus strömte sie in die Feuerung des dicht danebenliegenden Hauptkessels, der wahrscheinlich mit Holz geheizt wurde.

Wir übergehen nun eine Anzahl weiterer strittiger Heizungen für Bäder, wie z. B. die Heizung für ein Einzelbad in der Villa Rustica von Boscoreale bei Pompeji, über die die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind, so daß eine vollkommene Klarheit über die Art und Weise der Heizung bis jetzt nicht geschaffen werden konnte. Die Anführung der verschiedenen Hypothesen hat hier um so weniger Zweck, als auch das Studium an der Hand von Abbildungen keine endgültige Lösung zu bringen vermag, falls die Frage überhaupt noch lösbar ist, nachdem man bei den Ausgrabungen oft gar zu sorgfältig aufgeräumt hat (siehe unten). Ist eine solche Lösung möglich, so kann sie, wie wir sogleich ausführen werden, nur durch genaue chemische und mikroskopische Untersuchungen geschaffen werden, die vorerst noch nicht in genügendem Umfange vorgenommen werden konnten.

Über die Frage der Zentralheizungen.

Wir wenden uns also nunmehr den Zentralheizungen des Altertums zu, d. h. jener Art von Einrichtungen, bei denen von einer Feuerstelle aus mehrere Räume geheizt wurden, oder bei denen ihrer ganzen Ausgestaltung nach die Möglichkeit vorlag, von einer solchen Feuerstelle aus mehrere von ihr getrennte Räume zu beheizen. Wir werden diese Heizungen von dem Gesichtspunkt aus besprechen, unter dem man sie bisher betrachtete, bemerken jedoch, daß es sich auch hier um eine noch ungeklärte Frage handelt. Die Sachlage ist folgende: Bei vielen solchen Heizungen sind die angeblich zu heizenden Räume auf einem Hohlraum angebracht, der sich unter ihrem Fußboden hindurchzieht. Der Fußboden selbst wird von Säulen getragen, die aus Ziegeln hergestellt sind. Auch die Wände des Raums sind von Hohlräumen umgeben, die durch Verwendung von Hohlziegeln entstehen, aus denen man Kanäle herstellte. Überall stehen mit diesen Hohlräumen und Kanälen Feuerungen in Verbindung. Während nun die nicht technisch gebildeten Archäologen durchweg der Ansicht sind, daß es sich hier allüberall um Zentralheizungen handelt, hat neuerdings der Heizungstechniker Otto Krell sen. in sehr bemerkenswerten Ausführungen darauf hingewiesen, daß es sich bei derartigen Anlagen durchaus nicht immer um Heizungen handelt, wenigstens nicht bei Badeanlagen. Freilich gibt es solche Heizungen, sogenannte „Hypokaustenheizungen", und darunter gut erhaltene, die zweifellos als Zentralheizungen angesprochen werden müssen. Andere dieser Heizungen aber können nicht durch eine unterhalb des Fußbodens angebrachte Feuerung erhitzt worden sein. Vielfach sind nämlich die kleinen den Boden tragenden Säulen aus einem Material (Kalkstein und Kalkputz) hergestellt, das durchaus nicht feuerbeständig ist. Der auf diesen Säulen ruhende Boden ist oft so dick, daß er für das unter ihm angefachte Feuer ganz undurchdringlich wäre. Endlich müßten Spuren von Asche, Ruß usw. usw. vorhanden sein. Krell ist daher der Ansicht, daß es sich hier nicht um Heizungen, sondern um Einrichtungen handelt, die nur zur Trockenlegung der betreffenden Räumlichkeiten dienten. Der Verfasser hat selbst eine ganze Anzahl derartiger Anlagen zu Rom, Pompeji, Herculanum, Fiesole, auf der Saalburg, zu Trier, Badenweiler usw. usw. besucht und Einzelteile von ihnen in verschiedenen Museen sorgfältig in Berücksichtigung gezogen. Auf Grund dieser Studien möchte er noch darauf aufmerksam machen, daß ein unter den dicken Fußböden angezündetes Feuer wohl

vielfach auch das Springen dieser Böden hätte zur Folge haben müssen. Bei manchen derartig dicken Böden mit ihrer langsamen Wärmeübertragung läßt sich die Annahme nicht von der Hand weisen, daß durch die hohe Erhitzung auf der einen und die Abkühlung auf der anderen Seite unbedingt Spannungen von so hoher Intensität im Mauerwerk auftreten mußten oder konnten, daß ein Springen oder Zerreißen erfolgen mußte. Außerdem aber hätten sich, wie Krell richtig bemerkt, Spuren von Kohle, Ruß u. dgl. finden müssen. Auch der Verfasser konnte solche nicht entdecken, doch ist diesem Punkte seiner Ansicht nach wenig Bedeutung beizulegen. Man hat sich allgemein bemüht, die Anlage möglichst „sauber" wieder herzustellen, und hat deshalb nur allzu gründlich ausgeräumt. Waren also Spuren der bezeichneten Art vorhanden, so sind sie sicher auf Nimmerwiedersehen entfernt und abgeputzt worden, ja, vielfach hat man die Ziegel usw., um ja eine recht schöne saubere Anlage zu erhalten, sogar abgekratzt oder auseinandergenommen, abgebeizt und dann wieder eingemauert. Auf Grund aller dieser Tatsachen möchte der Verfasser sein Urteil dahin zusammenfassen, daß es sich hier tatsächlich um eine Trockenlegung nach demselben System handeln kann, das man jetzt in Form von Isoliermauern anwendet, um Gebäude gegen die von außen kommende Feuchtigkeit zu schützen. Es wird eine doppelte Wandung hergestellt. Dadurch bzw. durch die in ihr befindliche oder durch sie hindurchstreichende Luft wird die Feuchtigkeit am Durchdringen der Grundmauern verhindert bzw. abgeführt. Zum Zwecke des Abführens kann, wie dies an dem obigen Beispiele der Stabianerthermen gezeigt wurde, eine Feuerung dienen, gegen die die Luft zuströmt. Keinesfalls sind die Ansichten Krells so ohne weiteres abzulehnen, wie dies von mancher Seite (Anthes, Brauweiler usw.) geschehen ist. Fusch, der die Frage gleichfalls aufs genaueste untersuchte, ist der Ansicht, daß die ursprünglich nur zum Heizen von Wannen dienende Hypokaustenheizung als Zentralheizung für Bäder und Villen angewandt wurde. Um völlige Gewißheit zu erlangen, müßte man nach Ansicht des Verfassers jedoch noch chemische und mikroskopische Untersuchungen darüber anstellen, ob sich im Innern der Poren der so glänzend gesäuberten Ziegel und Steine Reste finden, die von einem Holzkohlenfeuer herrühren. Als solche Reste kämen Kohlenteilchen und gewisse, der Umwandlung nicht ausgesetzte Destillationsprodukte des Holzes, wie z. B. Kreosot in Betracht. Über eingehende Untersuchungen dieser Art hofft der Verfasser bald berichten zu können.

Hypokaustenheizung.

Betrachten wir nun, von der vorstehenden Streitfrage abgesehen, die einzelnen Arten der römischen Zentralheizungen — außer bei den Römern finden sich derartige Heizungen nicht —, so ist als älteste von ihnen ohne Zweifel die eben erwähnte Hypokaustenheizung anzusehen, als deren Erfinder C. Sergius Orata bezeichnet wird. Der Name „Hypocaustum" rührt von Vitruv her, der diese Art von Heizungen eingehend, allerdings in Verbindung mit Bäderanlagen, beschreibt (V 10), eine Beschreibung, auf deren angebliche Mängel Krell ausführlich eingeht. Die Hypokaustenheizung besteht aus einem unter dem Fußboden des zu heizenden Raumes befindlichen Hohlraume, der sich meist unter dessen ganzer Länge und Breite hinzieht. Der Fußboden liegt 80—100 cm über dem Grundboden und wird von Säulen getragen, die aus Ziegeln aufgemauert sind. Die Säulen tragen oben ein Kapitell

aus breiteren, oft sich berührenden Ziegeln, auf denen dann der eigentliche Fußboden aufruht. (Abb. 343 u. 344.) Außerhalb des Gebäudes liegt die Heizkammer, die durch einen Kanal mit dem unter dem Fußboden befindlichen Hohlraume verbunden ist. Dieser Kanal entspricht dem bei den heutigen technischen Heizungen angebrachten „Fuchs". Vor der Heizkammer befindet sich ein gleich ihr meist in die Erde eingelassener kleiner, oben offener Vorraum, zu dem oft einige Stufen niederführen, das „praefurnium", von dem aus das Anheizen und die Unterhaltung des Feuers erfolgen, und in oder um den herum der Tagesvorrat von Brennmaterial aufgeschichtet werden kann. (Abb. 345.) Auf der anderen Seite des Hohlraums sind Rohre, durch die Rauch und Heizgase abziehen. In vielen Fällen sind auch die Wände als Hohlräume ausgebildet, so daß sie gewissermaßen eine Fortsetzung des hohlen Fußbodens bilden. In diesem Falle befinden sich in ihnen Hohlziegel (tubuli) von rechteckigem Querschnitt, die entweder etwa 1,5 m über dem Fußboden aufhören oder die ganze Wand bis über das Dach durchsetzen und dann als Abzug für den Rauch dienen. (Abb. 346.) Anstatt der Hohlziegel kamen auch Warzenziegel



Abb. 343.
Hypokaustenheizung (vom römischen Theater n Fiesole).
Man beachte die Dicke des Fußbodens, die es zweifelhaft erscheinen läßt, ob hier überhaupt eine Heizung vorliegt. (Siehe S. 260.)



Abb. 344. Hypokaustenheizung.
Sehr dicker Fußboden, auf Ziegeln mit kapitellartiger Verbreiterung ruhend.
Trier.



Abb. 345. Präfurnium einer altrömischen Heizung.
Das Präfurnium befindet sich im Freien außerhalb des Gebäudes. Rechts und links von der Ofentüre, zum Heizen und Ausräumen des Feuerraums dienende Gerätschaften. Saalburg.

(tegula mammata) zur Verwendung, die mit eisernen Klammern an der Wand angebracht wurden. Zuweilen findet sich im Fußboden eine mit einer Platte verschließbare Öffnung, durch die man nach dem Erlöschen des Feuers und Schließen des Rauchrohres die in der Hypokaustenanlage befindliche heiße Luft in den zu erwärmenden Raum einströmen lassen konnte. Ob sie auch, wie Jacobi (s. unten bei der

Beschreibung der Hypokaustenheizung der Saalburg) annimmt, dazu diente, Reinigungen, vielleicht auch Reparaturen vorzunehmen, muß vielleicht zweifelhaft erscheinen. Jedenfalls mußte sich jemand, der zu diesem Zwecke hinabstieg, infolge der geringen Höhe des Raumes (74 cm) zwischen den Pfeilern kriechend in sehr unbequemer Stellung fortbewegen. An dem Kanal zwischen dem Heizraum und dem

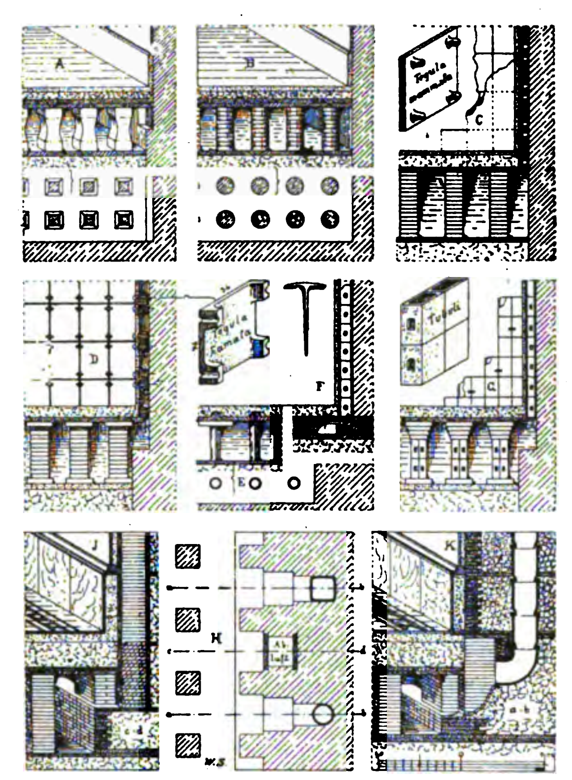


Abb. 346. Einzelheiten von der Konstruktion der Hypokausten und der tubulierten Wände.

A. Pfeiler in Haustein, die in der Mitte verjüngt sind, um eine weitere Durchzugsöffnung für die Verbrennungsgase zu schaffen. Als unterster Teil des Fußbodens eine doppelte Lage von Plattenziegeln. B. Runde Ziegelpfeiler. Als unterster Teil des Fußbodens eine doppelte Lage von Plattenziegeln. C. Pfeiler aus Ziegeln, darüber als unterster Teil des Fußbodens eine einfache Schicht großer Plattenziegel. In den Wänden tegulae mammatae (Warzenziegel). D. Ziegelpfeiler, die oben mit einer größeren Platte bedeckt sind, um eine gleichmäßigere Aufnahme und Verteilung des Druckes des darüberliegenden Fußbodens herbeizuführen. Die Pfeiler haben ein Kapitell, hergestellt durch mittels Platten gewonnener Austragung, auf dem der Fußboden aufruht. Als unterster Teil des Fußbodens eine einfache Schicht großer Plattenziegel. In den Wänden tegulae hamatae (Hakenziegel). E. Pfeiler hergestellt aus je zwei Hohl- oder Firstziegeln. Darüber eine Platte, um eine größere Auflagefläche des Fußbodens zu erzielen. F. Unterster Teil des Fußbodens umgekehrte Dachziegel mit der flachen Seite nach unten gelegt. Oben rechts von der zu D gehörigen tegula hamata ein Nagel, wie sie zur Befestigung der tegulae benutzt wurden. Unter dem Fußboden an der Wand entlang ein in die senkrecht nach oben führenden tubuli-Kanäle der Wand mündender horizontaler Heizkanal, um eine bessere Ausnützung der Wärme der Heizgase zu erzielen. G. „Tubuli"-Pfeiler. Als unterster Teil des Fußbodens eine einfache Schicht großer Plattenziegel. In den Wänden tubuli, durch deren Seitenlöcher die Ausbreitung der Hitze stattfindet. H I K. Anordnung von Abluftkanälen und Schornsteinen: Abluftkanäle sind von den Schornsteinen in der Regel dadurch zu unterscheiden, daß sie keine Rußspuren aufweisen. Bei I und J als unterster Teil des Fußbodens eine doppelte Lage von Plattenziegeln.

unter dem Fußboden liegenden Hohlraum befinden sich zuweilen Seitenkanäle, die dazu dienten, die oft zu heiße Luft mit von außen her zuströmender Frischluft zu vermischen, ehe sie durch die Öffnungen im Fußboden in den Raum eintrat.

Es ist unmöglich, die zahlreichen Hypokaustenheizungen einzeln zu beschreiben, die im Laufe der Zeiten in allen Teilen der Welt, in denen sich römische Niederlassungen befanden, sowie im alten römischen Reiche selbst aufgedeckt wurden. An manchen Orten, wie z. B. auf der Saalburg und in Trier, in Pompeji und Herculanum, fand sich sogar eine ganze Anzahl von derartigen Hypokaustenheizungen. Die von allen am besten erhaltene ist wohl jene, die auf der Saalburg, und zwar in der vor der porta

decumana befindlichen sogenannten „bürgerlichen Niederlassung" ausgegraben wurde. Wir geben beistehend die vom Verfasser aufgenommenen Abbildungen (Abb. 347 bis 348) dieser Heizung sowie den Plan (Abb. 349) und Teile der Beschreibung nach Jacobi wieder, aus deren Zusammenhalt sich eine gute Vorstellung von der ganzen Anlage gewinnen läßt.



Abb. 347. Die Hypokaustenheizung der „bürgerlichen Niederlassung" auf der Saalburg.
Der Fußboden ist im Gegensatz zu den auf Abb. 343 und 344 dargestellten Fußböden sehr dünn. Im Hintergrunde in die Wand eingelassene senkrechte Rohre von viereckigem Querschnitt, durch die die Heizgase abziehen.

„Von dem Bau 1,50 m abgerückt, liegt der 1,30 m auf 1,40 m große und 0,80 m tief in den Bau versenkte Vorraum (praefurnium), zu dem zwei 27 cm hohe Stufen hinabführen. Gegenüber öffnet sich das Feuerloch, 36 cm hoch und 18—20 cm breit. (Abb. 349.)

Nach diesem Feuerloche folgen zwei elliptisch ausgebauchte backofenförmige Erweiterungen, deren eine noch außerhalb des Gebäudes liegt und mit großen Basaltsteinen und Erde überdeckt ist. In diesem Raume, den der Handwerker auch „Wolf" (lies „Fuchs" d. V.) nennt, waren die Holzkohlen aufgeschüttet und entzündet. Man erkennt aus dieser Vorrichtung das Bemühen der Römer, die strahlende Glut der Kohlen von den Ziegelpfeilern, die dadurch gelitten hätten, entfernt zu halten und nur die heißen Gase sich zwischen ihnen verbreiten zu lassen.

(Diese Ansicht Jacobis ist in technischer Beziehung nicht ganz richtig. Der „Fuchs" dient bei den Feuerungen zur Erhöhung und Regelung des Zugs. Der Verf.)



Abb. 348. Ein Präfurnium an der Hypokaustenheizung der „bürgerlichen Niederlassung" auf der Saalburg.
Die dunkelste Stelle des Bildes ist das Heizloch.

Der untere Boden des Heizraumes steigt vom Schürloche bis zu den gegenüber

liegenden Rauchabzügen. Das eigentliche Hypokaustum besteht aus 6 × 8 Pfeilern von 74 cm Höhe. Die merkwürdigsten Pfeiler sind die, welche am nördlichen Ende (mit m bezeichnet) in einer Gruppe von neun Stück stehen. Sie wurden scheinbar als Ersatz für regelrechte Ziegelpfeiler aus aufrecht stehenden Heizröhren zusammengestellt. Sie sind mit Backsteinbrocken und Mörtel ausgefüllt und außer durch Fuß- und Kopfplatte noch durch einige Ziegel erhöht, um das gleiche Niveau mit den anderen zu bekommen. Von Pfeiler zu Pfeiler, die etwa 25—35 cm weit auseinander-

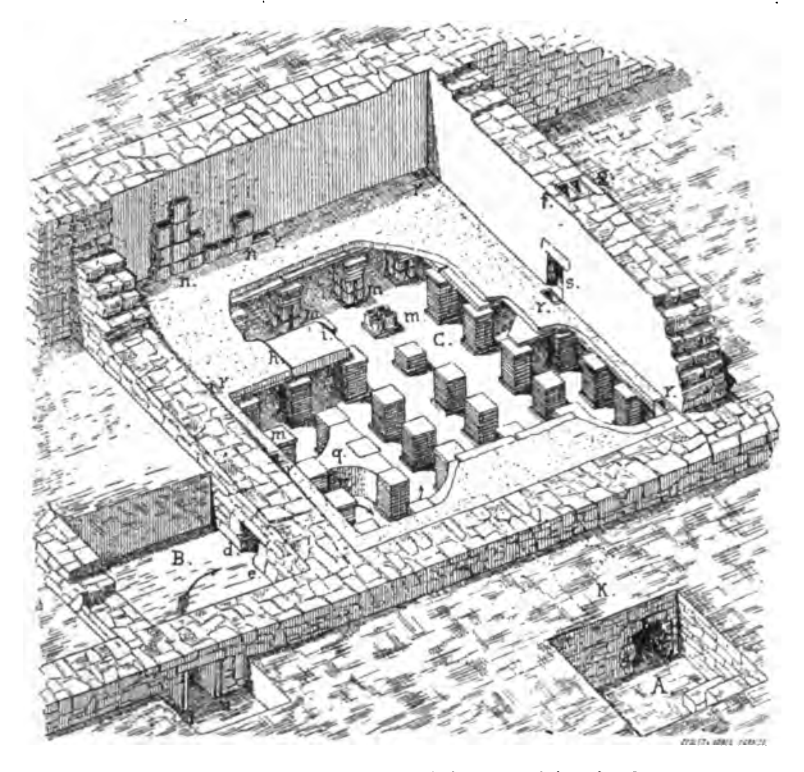


Abb. 349. Plan der Hypokaustenheizung auf der Saalburg.

A Präfurnium, a b c Feuerloch, K I Heizraum, r Ausströmöffnungen für die heißen Gase, f g Ventilationsschacht, n Rauchabzug, u B d e Ventilation.

stehen, liegen 50—60 cm große und 5 cm dicke Ziegelplatten. Ihre Oberfläche ist meist mit Riefelungen versehen, um dem Estrich, der hier 15 cm stark ist, einen festen Halt zu geben. Er überzieht den ganzen Boden und hat nur bei hi ein 50 × 50 cm großes Einsteigeloch, in dem eine ebenso große Sandsteinplatte lag, welche in der Mitte mit einem Loche für einen Knebel mit Seil zum Aufheben versehen war. Diese Einsteigöffnung hatte sicherlich nur den Zweck, Reinigungen, vielleicht auch Reparaturen, bequemer vornehmen zu können. Die Platte wurde nach Beendigung derselben wieder eingesetzt und mit Lehm oder Mörtel verschmiert.

Rings um den Heizraum zieht ein Kanal, der wegen des Vorsprungs am Mauersockel einen anderen Querschnitt hat als die Zwischenräume der Pfeiler. Aus ihm

steigen sieben mit Ziegeln umkleidete Röhren auf, von denen fünf einen Querschnitt von 14 × 14 cm und die zwei in den hintern Ecken einen solchen von 14 × 24 cm haben. Diese Kacheln standen nur wenig über der Estrichoberfläche hervor, und die heißen Gase konnten durch deren Öffnungen unmitelbar in den Wohnraum einströmen. Der in die Wand eingebaute, oben schon als Kamin erwähnte Schacht ist durch eine Zunge in zwei Abteilungen getrennt und noch einen Meter hoch in der Mauer erhalten; er scheint durch diese bis nach dem Dach oder über dasselbe hinausgeführt gewesen zu sein. Als Rauchabzugskanal kann dieser Kamin kaum gedient haben; dazu waren die vor der hinteren Wand nebeneinander aufgesetzten sechs Kacheln bestimmt, die auch folgerichtig der Einfeuerung gegenüberstehen. Der besagte aufsteigende, gekuppelte Kamin aber, der direkt über dem Boden eine Öffnung hat, kann meines Erachtens nur den Zweck gehabt haben, einerseits die am Boden niedergegangene schlechte, andererseits bei einer etwaigen Überheizung des Bodens die verbrauchte Luft aufzusaugen und den Raum zu ventilieren."

Wie verschiedenartig in bezug auf die Größe derartige Heizungen waren, ergibt sich aus einem Vergleiche der eben beschriebenen Hypokaustenheizung der Saalburg mit der Heizung der Thermen zu Trier, wo das praefurnium allein eine Höhe von 2,50 m hat und einen langen Gang darstellt, in dem die verschiedenen Heizkammern lagen. Inwieweit sich die Hypokaustenheizung bewährte, läßt sich trotz der eingehenden mathematischen Berechnungen, die Krell auf Grund der heutigen Theorie der Feuerungsanlagen über ihre Leistung macht, doch nicht sagen, da diese Berechnungen sich nur auf einen speziellen Fall beziehen, und da sich ein Überblick nur bei vergleichenden Berechnungen über verschiedene Typen derartiger Heizungen ergeben könnte. Aber auch hier hätte die Berechnung mit Schwierigkeiten zu kämpfen. Es sind zu wenig derartiger Heizanlagen so vollkommen erhalten, daß sich alle Berechnungsfehler ausscheiden lassen. Es ist nicht bekannt, ob nicht Beziehungen zwischen dem jeweils verwendeten Heizmaterial und der Größe der Anlage bestanden, des weiteren weiß man im Falle des Bestehens solcher Beziehungen nicht, welches Heizmaterial jeweils verwendet wurde, wie groß sein Wärmewert war usw. usw. Den Römern scheinen derartige Heizungen großes Behagen bereitet zu haben, sonst hätten sie sie nicht allüberall, insbesondere nicht in den besseren Wohnhäusern und Villen der Reichen, verwendet. Andererseits müssen mit dem Gebrauche der Hypokaustenheizungen doch auch wieder gewisse Unannehmlichkeiten verbunden gewesen sein. Darauf läßt der Umstand schließen, daß sie, die schon vor Beginn unserer Zeitrechnung bei den Römern in so ausgedehntem Gebrauche standen, etwa im 9. Jahrhundert n. Chr. vollkommen verschwinden. Sie wurden vom Mittelalter nicht übernommen, trotzdem dieses eigentlich über keine sehr guten Heizeinrichtungen verfügte. Die Frage nach dem Werte der Hypokaustenheizung muß also vorerst eine offene bleiben, und es erscheint nach den eben gemachten Darlegungen überhaupt zweifelhaft, ob sie, falls nicht neue Ausgrabungen neues Material zutage fördern, überhaupt jemals ihre Lösung finden wird.

Die Kanalheizung.

Eine zweite Art der bei den Römern gebrauchten Heizungen ist die **Kanalheizung**. Bei ihr führt unter dem Fußboden des zu heizenden Raumes ein Kanal entlang, an dem sich vorne der Heizraum befindet. Der Kanal, der bei manchen Hei-

zungen schwach ansteigt, wendet sich am Ende des Fußbodens senkrecht nach oben und führt in der Wand als Rauchrohr nach außen. (Abb. 350.) Sehr oft, wie z. B. im Grenzturme der Saalburg, sind mehrere Kanäle angebracht, die den Fußboden in diagonaler Richtung durchziehen, und deren Schnittpunkt mit der Heizung durch einen Zuführungskanal verbunden ist. Die heißen aus der Heizung kommenden Gase strömen also zunächst durch diesen Kanal nach der Mitte des Fußbodens und verteilen sich von hier aus in diagonaler Richtung nach den vier Ecken. (Abb. 351 u. 352.) In

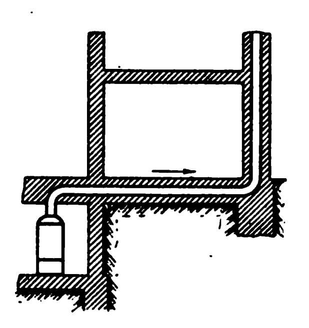




Abb. 350. Kanalheizung.

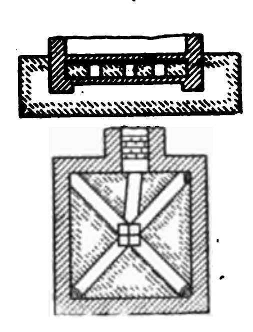


Abb. 351 u. 352. Die Kanalheizung im Grenzturm der Saalburg. (Querschnitt und Grundriß.)

den beiden, dem praefurnium entgegengesetzten Ecken der Heizung des Grenzturms auf der Saalburg sind jetzt noch Öffnungen vorhanden, vermutlich waren auch in den beiden anderen Ecken derartige Schornsteine angebracht. Die Kanalheizung muß in der Weise, wie sie die Römer ausführten, als eine vom technischen Standpunkt aus wenig wirtschaftliche und auch unpraktische Heizung bezeichnet werden, da die Wärme nur von der Decke des Kanals aus in den zu beheizenden Raum gelangte. Alle Wärme, die von den Boden- und Seitenflächen dieses Kanals ausgestrahlt oder abgeleitet wurde, ging für den Heizzweck vollkommen verloren, so daß also der Brennwert des Brennmaterials nur in sehr geringem Maße ausgenützt wurde. Welches Heizmaterial man hier verwendete, ist ebenso unbekannt wie bei den Hypokaustenheizungen. Während Jacobi eine Feuerung mit Holzkohlen annimmt, behauptet Krell, daß auch mit Holz geheizt werden konnte. Dem Verfasser gelang es nicht, sich durch Berechnungen, die unter Zugrundelegung des Heizwertes verschiedener Holzsorten und der Holzkohle sowie der Größe der Feuerung usw. usw. ausgeführt wurden, Klarheit über diesen Punkt zu schaffen.

Auf der Saalburg finden sich dann noch Einrichtungen der Bodenheizung, die als eine Kombination von Hypokausten- mit Kanalheizung angesprochen werden müssen. Jacobi beschreibt sie folgendermaßen (Abb. 353 S. 268):

„In der Mitte des heizbaren Zimmers liegt ein 2 m im Quadrat großer und 70 cm tiefer Raum (Pfeilerhypokaustum), in welchen der Feuerzug M mündet, und von dem sieben Heizkanäle (n—t) strahlenförmig ausgehen. Die fünf vorwärtslaufenden Züge enden jeder in einer in die Mauer eingelassenen Heizröhre (e—i), während die beiden rückläufigen in den Ecken rechts und links mit senkrecht stehenden Heizkacheln (K 1) verbunden sind, welche vor die Mauern hervorragen und mit dem Fußboden aufhören. Die fünf Röhren waren zweifellos in den Wänden nach oben fortgesetzt und führten den Rauch ab; sie dienten aber zugleich auch zur Heizung des

Zimmers, das sie vermöge ihrer dünnen Wandungen rasch erwärmten. Die Einfeuerung geschah durch das Schürloch (S), das mit Basalt eingefaßt ist. Die Bodenkanäle sind nur mit Ziegelplatten und dünnem Estrich bedeckt. Nachdem das Feuer erloschen war, konnten die beiden nach dem Zimmer hin sich öffnenden und mit Schiebern verschlossenen Kacheln (K 1) in Tätigkeit treten und die im Pfeilerhypokaustum (a—d) und in den Bodenkanälen angesammelte Wärme direkt nach dem Gemache führen. Kalte frische Luft konnte dazu von dem zu öffnenden Schürloch oder selbst durch die mittlerweile vom Rauche befreiten Kamine eintreten."

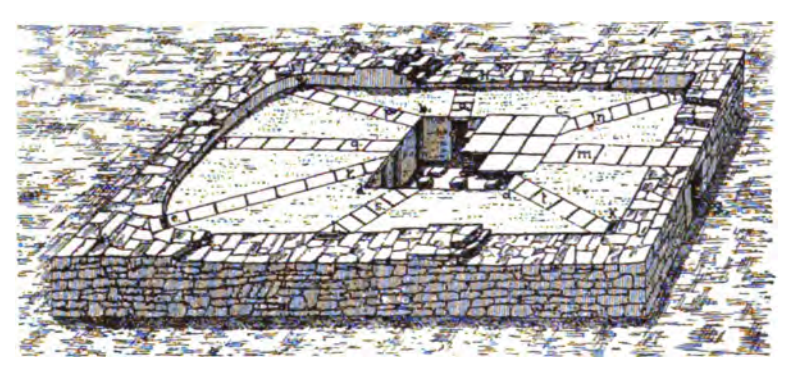


Abb. 353. Kombinierte Hypokausten- und Kanalheizung. Saalburg.

Derartige aus Hypokausten und Kanalheizung zusammengesetzte Heizungen finden sich übrigens außer auf der Saalburg auch noch an verschiedenen anderen römischen Niederlassungen. Sie gewähren gegenüber den Kanalheizungen den Vorteil, daß infolge der in ihnen herrschenden Luftzirkulation die Wärme des Bodens und der Seitenwände der Heizkanäle nicht vollständig verloren geht. Sie wird zum Teil von der an diesen entlangsteigenden Luft aufgenommen und durch sie an den zu beheizenden Raum abgegeben. Ein wesentlicher Fehler, der gewiß auch den Kanalheizungen anhaftete, besteht darin, daß die über den Kanälen befindlichen Stellen des Fußbodens sicherlich sehr heiß gewesen sind, so daß man sie unter Umständen überhaupt nicht betreten konnte. Soweit es sich bis jetzt überblicken läßt, wurden deshalb auch alle besseren Häuser mit der beträchtlich kostspieligeren Hypokaustenheizung ausgestattet, die den großen Vorteil einer gleichmäßigen Erwärmung des ganzen Fußbodens und einer Regelung seiner Temperatur darbot.

Literatur zum Abschnitt: „Feuerzeuge, Beleuchtung und Heizung".

Adler, Der Pharos von Alexandria. Berlin 1901.
Allard, Les Phares; histoire, construction, éclairage. Paris 1889.
Anonymus, Antike Röhrenkessel. Prometheus 1897. S. 501.
Anthes, Zum Kapitel von den römischen Heizungen. Korrespondenzblatt des Gesamtvereins der deutschen Geschichts- und Altertumsvereine. 1903, Nr. 5.
Badermann, Die Schornsteinheizungen der alten Römer. Prometheus 1916, S. 532.
Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums. München 1884—1888.
Beck, Die Geschichte des Eisens. Braunschweig 1891.
Berger, Moderne und antike Heizungs- und Ventilationsmethoden. Hamburg 1870.
Berthelot, Sur une lampe préhistorique trouvée dans la grotte de la Mouthe. Comptes Rendus 1901, S. 166.
Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Band III. Leipzig 1884, Band II, Leipzig 1879.
Bodewig, Ein Ofen der La-Tène-Zeit. Mitt. d. Ver. für nassauische Altertumskunde und Geschichtsforschung 1904/05, S. 114 ff.
Böhm, Die Entwicklung der Feuerzeuge. Zeitschr. d. Ver. der Gas- und Wasserfachmänner in Österreich-Ungarn 1911, S. 15—20 und S. 40—47.
Brauweiler, Die Thermen zu Trier und ihre Heizung. 1904.
Buchner, Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Leipzig 1903.
Cohausen, Der römische Grenzwall in Deutschland. Wiesbaden 1884.
Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.
Dragendorff, Okkupation Germaniens durch die Römer. Bericht über die Fortschritte der Römisch-germanischen Forschung im Jahre 1905. Frankfurt a. M. 1906.
Engelmann, Pompeji. Leipzig 1898.
Fanderlik, Elemente der Lüftung und Heizung. Wien 1898.
Fiala, Beiträge zur römischen Archäologie der Herzegowina. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina. 1897. Wien 1897.
Fischer, Die chemische Technologie der Brennstoffe Bd. I, S. 456. Braunschweig 1897.
Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888 bis 1890.
Fusch, Über Hypokaustenheizungen und mittelalterliche Heizungsanlagen. Hannover 1910.
Gärtner, Leitfaden der Hygiene. Berlin 1899.
Geitel, Die Entwicklung der Leuchtfeuer. Polytechn. Zentralblatt 1899/1900, S. 235 ff.
Heiberg, Studien über Euklid. Leipzig 1882.
Hennig, Zur Geschichte der Leuchttürme im frühen Mittelalter. Prometheus 1915, S. 241.
— Beiträge zur älteren Geschichte der Leuchttürme. Jahrbuch des Vereins deutscher Ingenieure 1914/15, S. 35 ff.
Herding, Beleuchtung und Heizung. Leipzig 1908.
Herodot, 2. Buch, 62.
Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.
— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.
— Über Schornsteinanlagen und eine Badeeinrichtung der Stabianerthermen in Pompeji. Nachtrag zu Duhn und Jacobi, Der griechische Tempel zu Pompeji. Heidelberg 1890.
Kellner, Römische Baureste in Ilidze bei Sarajevo. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.
Krell, Altrömische Heizungen. München und Berlin 1901.
Kurzer Führer durch das Provinzialmuseum in Trier. 1911.
Layard, Nineveh und Babylon. Übersetzt von Zenker. Leipzig.

Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit und auf primitiven Kulturstufen. Das Feuer. Der Wohnungsbau. Stuttgart 1912.

v. Lippmann, Kohlenoxydgasvergiftungen bei den alten Römern. Chemiker-Zeitung 1909, S. 633.

Mansch, Das Feuerzeug. Welt der Technik 1906, S. 386.

Marquardt-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.

Merckel, Die Ingenieurkunst im Altertum. Berlin 1899.

Miller, Die Beleuchtung im Altertum. Würzburg 1886.

Motz, Über den Metallarbeiter der heroischen Zeit. Meiningen 1868.

Milone, Due caldaie pompejane. 1896.

Neuburger, Das Feuer als Hilfsmittel in Haus und Gewerbe. In Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band VII, S. 181 ff.

— Die Römerschanze. Zu den Ausgrabungen in Nedlitz. Berliner Morgenpost, 22. Oktober 1911.

— Über das Kohlenoxydgas (Friedrich Hoffmann über das Kohlenoxydgas). Leipzig 1912.

Niemann, Die Anfänge der Straßenbeleuchtung. Licht und Lampe 1913. (Nummer vom 27. Februar.)

— Die Entwicklung der Beleuchtung. In Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band VII, S. 385 ff.

— und Du Bois, Feuererfindung u. Feuererzeugung. In Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band VII, S. 157 ff.

— — Zur Entwicklung des Beleuchtungswesens. Journal f. Gasbeleuchtung 1907, S. 1123 ff.

Nissen, Pompejanische Studien zur Städtekunde des Altertums. Leipzig 1877.

Noack, Die Baukunst des Altertums. Berlin.

Orschiedt, Die Heizung im Altertum. Blätter für das bayerische Realschulwesen. 1885. S. 221.

Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.

Overbeck-Mau, Pompeji. Leipzig 1884.

Patsch, Archäologisch-epigraphische Untersuchungen zur Geschichte der römischen Provinz Dalmatien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.

Planck, Die Feuerzeuge der Griechen und Römer. Stuttgart 1884.

Prausnitz, Grundzüge der Hygiene. München 1897.

Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Chemnitz 1896.

Radimsky, Die Nekropole von Jezerine. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.

— Die vorgeschichtlichen und römischen Altertümer des Bezirkes Zpanjak in Bosnien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.

Reber, Des Vitruvius zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.

Rößler, Die Bäder der Grenzkastelle. Westdeutsche Zeitschr., Jahrg. IX, S. 260.

Schleyer, Bäder und Badeanstalten. Leipzig 1909.

Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1818.

— Tiryns. Der prähistorische Palast der Könige von Tiryns. Leipzig 1886.

Schmidt, Wilhelm, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater. Leipzig 1899.

Schröder, Die geschichtliche Entwicklung der Zentralheizung vom Altertume bis zur Gegenwart. Technisches Gemeindeblatt 1910, S. 249 ff.

Schultze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.

Söllner, Die hygienischen Anschauungen des römischen Architekten Vitruvius. Jenaer medizinisch-historische Beiträge 1913, Heft 4.

Stephani, Der älteste deutsche Wohnbau und seine Einrichtung. Band I. Leipzig 1902.

Thiersch, Pharos, Antike, Islam und Okzident. Leipzig und Berlin 1909.

Veitmeyer, Leuchtfeuer und Leuchtapparate. München 1900.

Vetter, Über die Zentralheizungen älterer Zeit. Vortrag, geh. auf dem 8. Kongreß für Heizung und Lüftung zu Dresden im Juni 1911.

— Zur Geschichte der Zentralheizungen bis zum Übergang in die Neuzeit. Jahrb. des Vereins Deutscher Ingenieure 1911, S. 276 ff.

Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Winckelmann, Sämtliche Werke. Band II. Dresden und Stuttgart 1830—1847.

Wolff, Römische Villa in Praunheim (bei Heddernheim). Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV. Frankfurt a. M. 1907.

Städtebau.

Gründe der Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit waren es, die den Menschen veranlaßten, größere Gemeinwesen, Städte, zu gründen. Wie uralt der Städtebau ist, mag man daraus erkennen, daß es bereits vier Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung Städte von riesiger Größe gab: Die Mauern Babylons umschlossen eine Grundfläche, die doppelt so groß war als die des heutigen London. Auch die übrigen Städte des Altertums erreichten eine zum Teil beträchtliche Ausdehnung. Wenn auch ihre Bevölkerungszahl die der heutigen Weltstädte im allgemeinen nicht erreichte, so kam sie doch der unserer jetzigen größeren Städte gleich oder nahe. So hatte Athen zu seiner Blütezeit etwa 250 000 Einwohner, Jerusalem etwa 500 000, Karthago und Alexandria zählten während ihres höchsten Aufschwungs ungefähr 750 000 und Rom mindestens ein und einhalb Millionen Einwohner. Wie man sieht, gibt es auch gegenwärtig nur verhältnismäßig wenige Städte, die das auf der höchsten Blüte seiner Entwicklung stehende Rom in bezug auf Bevölkerungszahl übertreffen. Mit Recht kann man auch im Altertume von „Großstädten" sprechen, die sich nur auf der Grundlage einer gründlich durchgebildeten Technik des Städtebaues entwickeln konnten.

Die Anlage der Städte.

Ihrer technischen Anlage nach lassen sich die Städte des Altertums in zwei große Gruppen einteilen: in die bodenwüchsigen und in die nach einem bestimmten Plane gebauten Städte. Die bodenwüchsigen Städte sind durch den natürlichen Zusammenschluß der einheimischen Bevölkerung entstanden. Um Feinde besser abwehren zu können, oder um den Austausch von Gütern zu vereinfachen, baute man sich in zunächst kleineren, dann aber immer mehr wachsenden Gemeinwesen an. Jeder errichtete sein Haus da, wo es ihm gut dünkte oder zweckmäßig erschien. Infolgedessen fehlt den bodenwüchsigen Städten jede planmäßige Anlage; ihre Straßen sind eng und krumm und laufen regellos durcheinander. Den Gegensatz zu ihnen bildet die nach einem Plan angelegte Stadt, die in der Regel dem Willen eines Herrschers ihr Dasein verdankt. Dieser bestimmt, daß an der einen oder anderen ihm günstig erscheinenden Stelle eine neue Stadt erstehen soll. Dann kommt der Stadtbaumeister und macht einen Plan, nach dem die Stadt angelegt wird. Wie alt derartige Stadtpläne sind, mag man daraus ersehen, daß sich auf einer angeblichen Gudiastatue ein wahrscheinlich aus der Zeit um 3100 v. Chr. stammender Plan einer Befestigungsanlage befindet.[1]) Die nach Plänen erstehende Stadt zeigt breite und gerade, meist im rechten Winkel sich schneidende Straßen, sie läßt eine zielbewußte Anlage der Märkte und öffentlichen

[1]) Siehe Abb. 365 S. 287.

Plätze erkennen. Manchmal geht die bodenwüchsige Stadt bei ihrer im Laufe der Zeiten stattfindenden Erweiterung in eine planmäßig angelegte über. Dann zeigen die älteren inneren Viertel alle Merkmale des bodenwüchsigen Ursprungs, während die neueren, äußeren, die Gestalt der nach einem Plan erbauten aufweisen. Athen und Rom gehören zu den autochthonen Städten, während die Ägypter bereits 1400 v. Chr. die Stadt Heliopolis nach einem bestimmten Plan anlegten. Schon vorher aber, etwa 2000 v. Chr., scheinen sie bei Kahun in der Nähe des Mörissees eine nach einem ähnlichen Plan angelegte Stadt gegründet zu haben, deren Reste vor einiger Zeit ausgegraben wurden. In Italien dürfte der Bau von Planstädten etwa im 6. Jahrhundert v. Chr. begonnen haben, wo die Etrusker beim heutigen Marzabotto in der Nähe von Bologna eine regelmäßig angelegte Stadt erbauten.

Die ältesten planmäßig angelegten Städte finden wir, wie schon angedeutet, in Mesopotamien. Ob nun der ursprünglichen Stadtanlage Babylons ein Plan zugrunde lag, mag dahingestellt bleiben. Jedenfalls aber erfolgte der spätere Ausbau nach streng planmäßigen Grundlagen, wie die Beschreibung Herodots (I 178—181 ff.) deutlich erkennen läßt.

„Und diese Stadt ist also beschaffen: Sie liegt in einer großen Ebene und ist ein Viereck, und jegliche Seite desselben beträgt 120 Stadien (22,5 km), das macht im ganzen einen Umkreis von 480 Stadien (90 km). Erstlich läuft ein Graben herum, der ist tief und breit und voll Wasser; dann eine Mauer, die ist 50 königliche Ellen breit und 200 Ellen hoch ... Auf diese Weise bauten sie erst den Grabenrand und sodann die Mauer auf dieselbe Weise. Und oben auf der Mauer an dem Rande bauten sie Türme, aus einem einzigen Raume, einen gegen den andern, und zwischen den Türmen bleibt ein Raum, daß ein Wagen mit vier Pferden konnte herumfahren. Und rund umher in der Mauer waren hundert Tore, ganz von Erz, Pfosten und Sims von gleicher Gestalt. Die Stadt aber besteht aus zwei Teilen, denn mittendurch fließt ein Wasser, das Euphrates heißt. Die Mauer macht nun von beiden Seiten einen Winkel an dem Fluß, und dann kommt eine Mauer von Backsteinen, an beiden Ufern des Flusses entlang. Aber die Stadt selber besteht aus lauter Häusern von drei bis vier Stockwerken und ist durchschnitten von geraden Straßen, die da entlang gehen oder quer durch nach dem Flusse zu. Und am Ende einer jeglichen Straße waren Pforten in der Mauer an dem Flusse, soviel Straßen, soviel Pforten. Die erste Mauer nun ist gleichsam der Stadt Panzer, innerhalb läuft aber noch eine zweite umher, die ist

Abb. 354. Plan von Babylon.

nicht viel kleiner als die erste, jedoch etwas schmaler. Und in der Mitte einer jeglichen Hälfte der Stadt steht ein Gebäude, nämlich in der einen die königliche Burg, die ist umgeben von einer großen und festen Mauer, und in der andern des Zeus-Belos Heiligtum mit ehernen Toren. Das war noch zu meiner Zeit zu sehen und ist ein Viereck, jede Seite zwei Stadien lang."

Eine Ergänzung zu dieser Beschreibung Herodots stellt die anschauliche Schilderung dar, die Delitzsch von der Anlage des alten Babylon gibt:

„Durch ein Tor, nicht allzu ferne von der Südostecke der Mauer, betreten wir die eigentliche Stadt. Wir folgen einer breiten, augenscheinlich sorgfältigst gepflegten, aber feierlich einsamen Straße eine kurze Strecke nach links, überschreiten auf einer prachtvolle Brücke den Ostkanal Babylons, Bibil-chegalla (oder chigalli), und biegen dann rechts ab in der Richtung nach dem Euphrat zu, in das eigentliche Häusermeer Babylons. Ein Labyrinth von Straßen und Gassen nimmt uns auf, nicht als wäre es ein Labyrinth durch die unregelmäßige Anlage der Gassen, im Gegenteil sind alle gerade, sowohl die, welche zum Euphrat führen, als auch die übrigen, aber gerade diese Regelmäßigkeit ist verwirrend und läßt den Fremden sich in den langen Zeilen von 3—4stöckigen Häusern nur schwer zurechtfinden .... Alle Straßen sind voll regst pulsierenden Lebens, geräuschvollesten Treibens. Das rege Leben erhält sich nicht nur, sondern steigert sich noch, je weiter wir die eingeschlagene gerade Straße verfolgen, bis wir durch eines der jede Straße abschließenden ehernen Pförtchen hindurch die längs des Flusses sich hinziehende Backsteinmauer passieren und mit dem Euphrat, der in erhabener Ruhe dahinfließt, ein neues lebendiges Bild vor unsern Augen sich auftut. Seine Ufer sind an sich flach, aber Nebukadnezar hatte zu beiden Seiten des Stromes durch Höhe und Größe bewunderungswürdige Quais aufführen lassen."

Die zuletzt erwähnten „Quais", d. h. Ufermauern, sind bei den von Ker Porter ausgeführten Ausgrabungen wieder aufgefunden worden. Die Höhe ihrer Mauern beläuft sich auf 20 m, die Länge auf nahezu 30 km. Die von Herodot erwähnte Burg stand auf einer künstlich angelegten Terrasse. Derartige Terrassenbauten waren in Mesopotamien ganz besonders beliebt und wurden von den prachtliebenden Königen gerne ausgeführt. Welche Arbeit dabei zu leisten war, geht aus Berechnungen von Jones hervor, die sich auf zwei bei Kujundschik befindliche Hügel beziehen. Von diesen enthält der eine 6½, der andere 14½ Millionen Tonnen Erde. Zieht man die Leistung eines Arbeiters in Betracht, so waren zu der Aufhäufung dieser Hügel 1000 Arbeiter beim einen Hügel 54, beim andern 120 Jahre lang nötig. Da man kaum so lange daran gebaut haben dürfte, und da Menschenmaterial zu jener Zeit wenig wert war, so dürfte die Bauzeit ganz erheblich kürzer gewesen sein. Nimmt man sie auf nur 10 Jahre an, so hätten während dieser Zeit an dem einen Hügel 5400, an dem anderen aber 12 000 Arbeiter zu karren gehabt.

Daß die Ägypter schon frühe regelmäßige Stadtanlagen besaßen, wurde oben bereits erwähnt. Es ist sogar wahrscheinlich, daß die Griechen in bezug auf den Städtebau Schüler der Ägypter und der Assyrer gewesen sind. Im Anfange gründeten sie mit Rücksicht auf Sicherheit gegen feindliche Überfälle die Städte auf Hügeln. Dann besiedelten sie die Küsten. In beiden Fällen trugen ihre Städte bodenwüchsigen Charakter: Die Anlage ist eine vollkommen willkürliche. Erst unter Perikles (493—429 v. Chr.) tritt in Griechenland zum erstenmal die planmäßig vorher bestimmte Teilung des Geländes auf. Der Städtebauer Hippodamos aus Milet ist es, der sie zuerst in der Hafenstadt Piräus zur Anwendung bringt. Allerdings kann er kaum als

Erfinder des neuen Verfahrens gelten: Er stützt sich vielmehr, wie bereits angedeutet, auf ägyptische und vor allem wohl assyrische Vorbilder. Will man die Vorteile der neuen Städtebautechnik so recht erkennen, so braucht man nur eine der älteren griechischen Städte, z. B. Gurnia auf Kreta, mit einer der neueren, gleichfalls auf einem

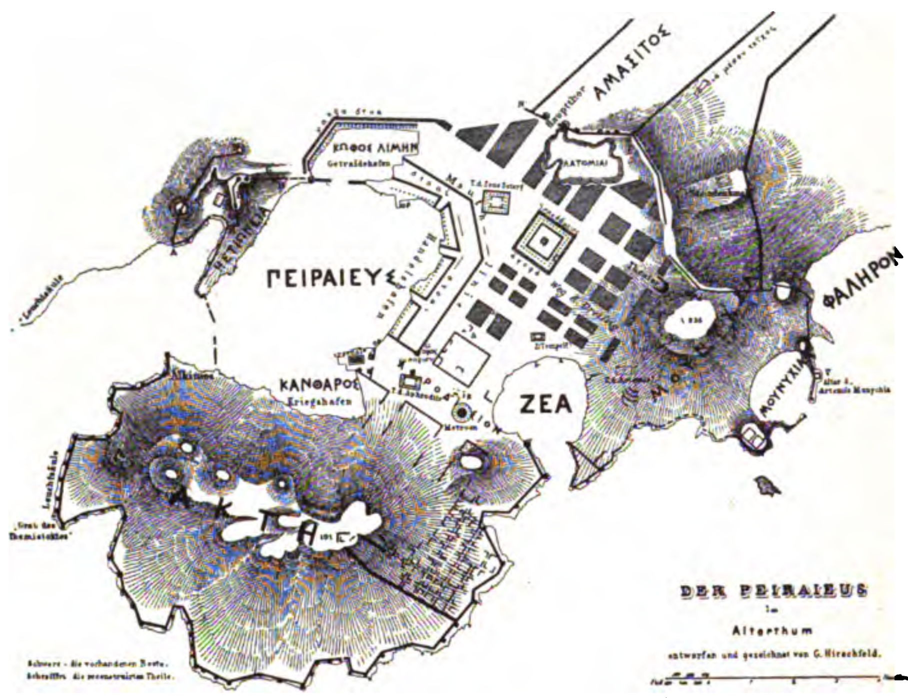


Abb. 355. Plan der Hafenstadt Piräus.

Die Anlage schmiegt sich auf das Genaueste dem hügeligen Gelände an; die Hauptstraßen laufen senkrecht auf einen der beiden Haupthügel zu, so daß dieser den Abschluß des Straßenbildes darstellt. Ebenso verlaufen sie senkrecht oder parallel zum Hafenquai; Theater und Tempel und sonstige öffentliche Gebäude lehnen sich an die Hügel an oder bilden den Abschluß des Straßenbildes wie z. B. der Tempel der Aphrodite. Kriegshafen und Arsenal sind gegen die Stadt abgeschlossen, die Hügel in die Befestigungsmauern eingezogen usw.

Hügel gelegenen, z. B. mit Solunt auf Sizilien, zu vergleichen. Während sich in Gurnia das unregelmäßige Straßennetz über den ganzen Stadthügel hinzieht und auf die gewundenen Hauptwege kleine Nebengäßchen münden, während ferner größere Steigungen durch Treppenstufen überwunden werden, finden wir an dem ein Jahrtausend später gebauten Solunt Parallelstraßen, die am Hügel hinaufführen und von einer breiten Horizontalstraße rechtwinklig geschnitten werden. Diese Wandlung ist dem maßgebenden Beispiele zu verdanken, das Hippodamos mit seiner vorbildlichen Anlage von Piräus gegeben hat. Die Straßen zerfallen in breite Haupt- und Nebenstraßen, sie schneiden sich alle rechtwinklig und schließen Häuserblocks ein. Dabei ist jede Langweiligkeit vermieden. Tempel, Theater und Kastell sind so angeordnet, daß sie bei der Einfahrt in den Hafen der Stadt zum Schmucke gereichen: Die Tempel des Zeus und der Aphrodite flankieren den Quai, der Tempel der Athene fügt sich in das Bild. Das Theater erhebt sich über der Stadt, etwa in der halben Höhe des

vom Kastell gekrönten Hügels. Die Tempel stehen so, daß sie die Straßenzüge abschließen. Von den Straßen aus ist stets die Front und eine Seite des Tempels zu sehen, was dem Abschluß das Starre nimmt, das eine quer vorgelagerte Front ja fast stets im Gefolge hat. (Abb. 355.)

Daß der Bebauungsplan auch unter schwierigen Verhältnissen kraft einer weit vorgeschrittenen Städtebautechnik durchgesetzt wird, zeigt die Anlage von Priene,

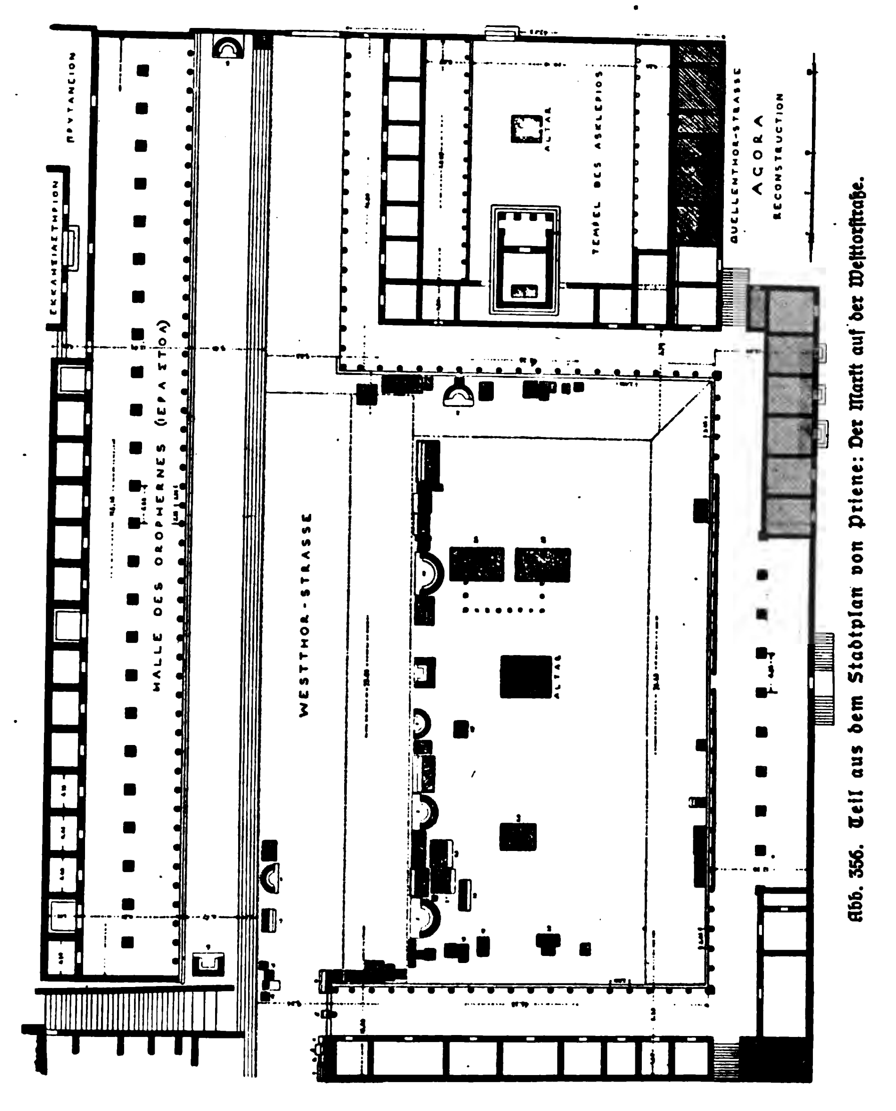


Abb. 356. Teil aus dem Stadtplan von Priene: Der Markt auf der Westtorstraße.

die aus dem 4. Jahrhundert v. Chr. stammt. Hier sind die Verhältnisse derart schwierig, daß auch ein Städtebaumeister der Jetztzeit große Mühe hätte, eine Stadt gerade an dieser Stelle anzulegen. Über der Ebene des Mäander steigt 365 m hoch

der Felsen der Akropolis empor. Von seinem Fuße zieht sich mit ziemlich starkem Gefälle ein weit ausgedehnter Abhang in die Ebene des Mäander nieder. Auf solchem Boden soll nun eine Stadt erstehen! Man hat Teile des Abhangs eingeebnet und darauf Terrassen geschaffen, die die Straßenzüge und Häuser aufnahmen. Auf der entstandenen hochgelegenen künstlichen Ebene werden sechs Längsstraßen gebaut, von denen eine, die Hauptstraße, in einer Breite von sieben Metern angelegt wird. Sie führt, ein helleuchtender Streifen, von dem Westtor der Stadtmauer aus in gerader Linie ostwärts in das Herz der Stadt, wo sie den Markt (ἡ ἀγορά) schneidet. (Abb. 356.) Dicht an der Stadtmauer befinden sich Gymnasium und Stadion sowie das Heiligtum der Demeter. Über dieser untersten, den Hauptteil der Stadt tragenden Terrasse ist eine zweite kleinere eingeebnet, auf der der Athenetempel des Pythos steht, der das Stadtbild krönt und beherrscht. Die schwierigen Verhältnisse des Untergrunds nötigen dazu, ihm eine hohe Stützmauer zu geben. Er wird von dem Theater flankiert und ist von den gleichfalls rechtwinklig sich schneidenden Straßen der oberen Stadt, die einen eigenen Marktplatz hat, umgeben. Nur da, wo die Steilheit eine zu große wird, gehen die geraden Straßenzüge in Treppen über, die man aber nach Möglichkeit vermeidet. Lieber gibt man der Straße, um die Höhe zu gewinnen, einen Absatz. Auf den hohen, fast senkrecht emporsteigenden Akropolisfelsen endlich führt mehrere hundert Meter hoch eine Felsentreppe hinauf. Man muß zugeben, daß gerade bei dieser Stadtanlage die Städtebautechnik des Altertums einen ihrer höchsten Triumphe gefeiert hat; verstand man es doch, alle Schwierigkeiten des Bodens zu überwinden, ohne auch nur um ein Haar von dem nach hippodamischem Vorbild entworfenen Plan abzuweichen.

In Küstenstädten richtet man die Straßen meist so ein, daß sie der Küste parallel laufen. So hat das nach dem Plane von Deinokrates im Jahre 331 v. Chr. begonnene und ausgebaute Alexandria sieben der Küste parallel laufende und elf sie recht-

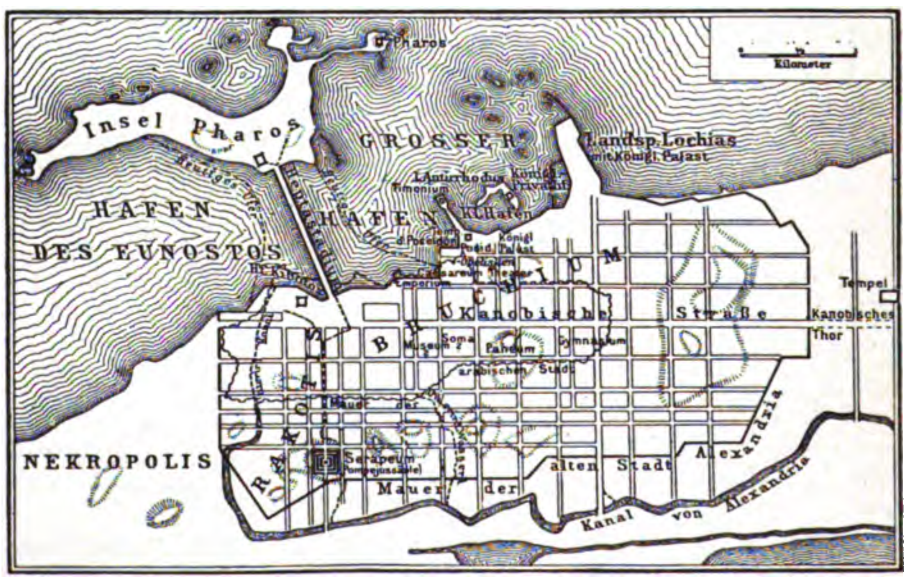


Abb. 357. Plan von Alexandria.

winklig schneidende Straßen von je sieben Meter Breite. Die beiden Hauptstraßen waren in einer Breite von vierzehn Metern angelegt. Die davor liegende Insel Pharos, die den berühmten Leuchtturm (siehe Seite 249) trug, war mit der Stadt durch einen mächtigen, sieben Stadien (1290 m) langen Damm (Heptastadion) verbunden. Die längste Straße, die Kanobische, hatte eine Länge von nicht weniger als 5½ km.

Wie bei den Mesopotamiern, so waren auch bei den Griechen Terrassierungen gebräuchlich, wobei die einzelnen Terrassen teils durch Aufschüttungen, teils durch Abtragungen gewonnen wurden. Wo es nottat, brachte man zur Festigung mächtige Mauern an, die dem Drucke der dahinterliegenden Erdmassen nebst dem der darauf stehenden Gebäude trefflich widerstanden. Das glänzendste Beispiel altgriechischer Terrassierungstechnik ist wohl die Stadt Pergamon, deren Entwicklung sich in der Hauptsache unter Eumenes II. (197—159 v. Chr.) vollzog. Die Steilhänge des Burgberges zeigen nichts vom Einflusse des Hippodamos, weisen hingegen Terrassen von so gewaltiger Größe und so vollendeter technischer Ausgestaltung auf, daß sie auch heute noch unser Erstaunen erregen. Die unterste der drei langgestreckten Terrassenstufen hatte eine Höhe von 12—14 m und war durch eine Mauer gestützt. Sie trug das Gymnasium und dicke Rundtürme, die sich bereits wieder an die Stützmauern und Strebepfeiler der nächsthöheren Terrasse anlegen. Eine überwölbte Wendeltreppe führt mit vierzig Stufen zu dem mittleren „Gymnasium der Epheten", das sich auf der imposanten zweiten Terrasse erhebt. Hier sind lange Hallen, Zimmer, Tempel usw. usw. erbaut. Das oberste Gymnasium auf der dritten Terrasse endlich schließt eine Art von Theater, Säle, Baderäume usw. usw. ein. Die Last aller dieser auf drei Terrassen übereinander aufsteigenden Gebäude muß eine ganz gewaltige gewesen sein, und doch hat sich das Gefüge der Stützmauern, solange die Stadt bestand, weder unter dieser Last noch unter der der Erd- und Felsmassen, die gleichfalls auf diese Mauern drückten, irgendwie gelockert. (Eine Darstellung dieser Terassierung gibt der linke Teil des Planes der Wasserleitung von Pergamon Seite 427 Abb. 573).

Die Technik des römischen Städtebaues.

Die Technik des römischen Städtebaus fußte teils auf alten Überlieferungen, teils wurde sie durch das hippodamische Beispiel beeinflußt, zum Teil aber wurde die Anlage der Städte dadurch bestimmt, daß sie aus römischen Befestigungsanlagen, aus Kastellen, hervorgegangen sind. Die alte Überlieferung zeigte sich hauptsächlich bei der Wahl des Platzes, auf dem man eine Stadt zu errichten pflegte. Man wählte Hügel oder den Vereinigungspunkt zweier Täler, wo dann die Stadt auf der durch sie gebildeten Landzunge erstand. Die Zahl der altrömischen Hügelstädte ist eine sehr große. Als Beispiele für die an zwei Tälern gelegenen Städte seien Tarquinii, Volaterrae usw. usw. erwähnt. Auch Koblenz ist hierher zu zählen. Die aus einem römischen Kastell hervorgegangenen Städte zeigen zum Teil auch heute noch in der Anordnung des inneren Stadtkerns und der darin gelegenen sowie der von ihm ausgehenden Straßen die alte Einteilung des Kastells. Solche Städte sind z. B. Aosta, Turin, Trier, Cöln, Spalato, Timgad, Lambaesis usw. (Abb. 358 bis 360 S. 278 bis 280).

Aber auch bei den Städten, die nicht unmittelbar aus einem römischen Kastell hervorgegangen waren, zeigt sich nicht allzu selten die bei diesen übliche Anordnung der Straßenzüge usw., die man somit als ein kennzeichnendes Merkmal des römischen

Städtebildes ansprechen kann. Sowohl in der Stadt wie beim Kastell findet man in der Regel zwei Hauptstraßen, die sich im Stadtinnern senkrecht schneiden und die Stadt in vier Stadtviertel einteilen. Eine dieser Hauptstraßen war die eigentliche „Hauptstraße" der Stadt, die via principalis. Die an ihren Enden liegenden Tore waren die „porta principalis dextra" und die „porta principalis sinistra". Die sie senkrecht schneidende Straße, die „via decumana" oder der „decumanus", war nach der einen Seite durch die „porta decumana", nach der anderen durch ein zweites Tor abgeschlossen, das bei den Kastellen als „porta praetoria" bezeichnet wurde. Die Hauptstraßen waren gewöhnlich mit mehr oder minder großer Genauigkeit nach den Himmelsrichtungen eingestellt, wobei man sich jedoch meist mit einer minder großen Genauigkeit begnügte, da man die Stelle des Auf- und Untergangs der Sonne nur so ungefähr bestimmte. Im übrigen bewirkten auch abergläubische Vorstellungen, daß man im Laufe der Zeiten eine Drehung vornahm, so daß die alte Südnord-Straße, die via principalis, vielfach zu einer Ostwest-Straße wird. Dann wirken aber auch noch strategische Erwägungen ein, die dazu führen, daß man bei den Kastellen die porta praetoria gegen den Feind zu richtet. Derartige Einzelheiten ändern sich von Fall zu Fall, im allgemeinen aber besteht der Grundriß der römischen Stadt aus einem meist länglichen, von zwei senkrechten Straßenzügen durchschnittenen Viereck.

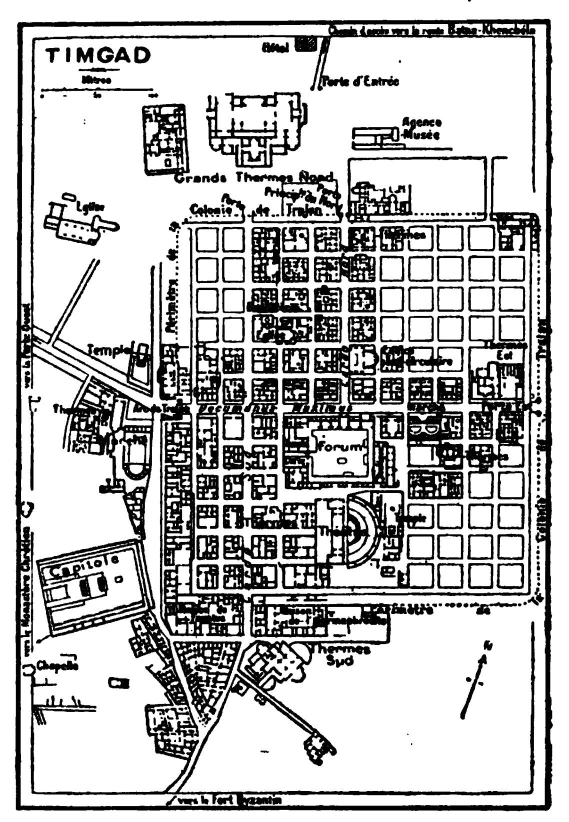


Abb. 358. Stadtanlage von Timgad.
Als typisches Beispiel einer aus einem Kastell hervorgegangenen römischen Stadt.

Die Stadtgründung stellt sich nach Merckel als ein Gemenge von technischen Maßregeln, abergläubischen und alten von den Etruskern übernommenen Überlieferungen dar. Sollte eine Stadt oder ein festes Lager gegründet werden, so wurde zunächst die Stadtumwallung festgelegt. Ein mit zwei weißen Tieren verschiedenen Geschlechts bespannter Pflug wurde auf der Spur des zukünftigen Stadtgrabens derart herumgeführt, daß die Schollen nach innen lagen. Sie bildeten den Anfang der Befestigung, des Walls. Die Väter der zukünftigen Stadt, die den Pflug führten und geleiteten, schritten dabei immer nach links herum: Ein Umgang nach rechts hätte der Stadt Unglück gebracht. Am Platz der Stadttore zog man keine Furche,

sondern hob den Pflug aus der Erde und trug ihn über die Breite des zukünftigen Tores hinweg. Manche Ansiedlungen haben nicht scharfe, sondern etwas abgerundete Ecken an ihrer Umwallung, was sich vielleicht dadurch erklären läßt, daß man mit

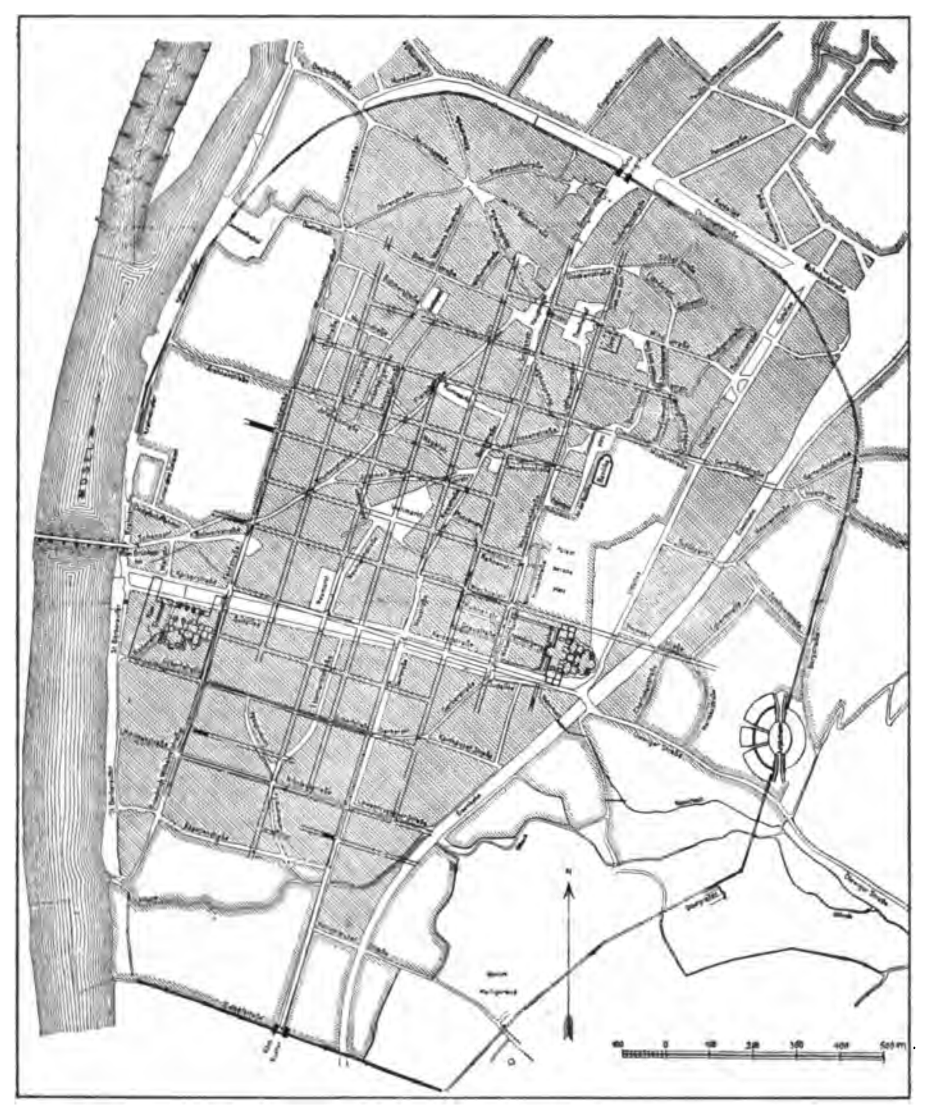


Abb. 359. Plan des römischen Trier.

dem Pfluge kein scharfes Eck machen konnte. Man führte ihn am Eck in einer Kurve aus der einen Richtung in die andere über. Dann wurden, nachdem so die Umwallung festgelegt war, die inneren Stadtteile in gleicher Weise abgegrenzt. Daß man dabei gewisse Himmelsrichtungen innehielt, wurde bereits oben erwähnt. Nachdem unter



Abb. 360. Modell des römischen Cöln. In der Mitte sind die alte Kastellanlage und ihr Umfang deutlich erkennbar. Vorn und zu beiden Seiten neuere Stadtteile mit Theater, Tempeln usw. Diesseits der Rheinbrücke der kastellartige Brückenkopf.

mancherlei Zeremonien, die mit der Technik des Städtebaus nichts zu tun haben und deshalb übergangen werden können, alle Grenzlinien gezogen und die Grenzsteine gesetzt waren, wurde eine Karte der zukünftigen Stadt aufgenommen. Man vermaß die Länge und Breite der einzelnen Straßenzüge, zeichnete auch das außerhalb der Mauer liegende Gebiet, das zu der Stadt gehörte, genau auf und grub dann den Stadtplan in Erz oder Marmor. Die Tafel wurde an einem öffentlichen Ort angeschlagen, so daß man jederzeit Einsicht nehmen konnte. Eine zweite Zeichnung auf Leinwand wurde nach Rom gesandt und dort in einem besonderen Archiv aufbewahrt, das also unserem heutigen Katasteramt entsprach. Zu den Karten gab es noch schriftliche Erläuterungen auf Wachstafeln, auf denen die Namen der einzelnen Grundbesitzer, die Nummern ihres Besitzes, der oft durch das Los verteilt wurde, usw. usw. zu ersehen waren.

Die derart angelegten Städte lassen noch heute, wie z. B. Cöln, Trier usw., das Planmäßige ihrer Gründung erkennen. (Abb. 359 und 360.) Während so die römische Provinzstadt meist als eine im gewissen Sinne „moderne" Stadt bezeichnet werden kann, sieht es in den autochthonen Städten, vor allem in Rom, noch in später Zeit sehr übel aus. Eine anschauliche Schilderung hiervon gibt Friedländer:

„Noch gegen Ende der Königszeit glich Rom, trotz seiner bereits beträchtlichen Ausdehnung, welche durch den Gang der Servianischen Mauer bezeichnet ist, einer jetzigen Landstadt. Noch wurden im Innern der Stadt Landwirtschaft und Viehzucht getrieben. Die Häuser waren mindestens zum großen Teil aus Holz und Lehm gebaut und hatten Strohdächer. Auf den ungepflasterten Straßen wandelte man im Sommer in Staubwolken, im Winter in Kot.

Die Mängel der spätern Anlage der Stadt werden von den Alten auf den nach dem gallischen Brande (390 v. Chr.) planlos und tumultuarisch betriebenen Neubau zurückgeführt. Die Quartiere waren unregelmäßig, die Gassen eng und gewunden, die Häuser standen vielfach in gedrängten Massen. Ziegeldächer wurden nur sehr allmählich allgemein, die Deckung mit Holzschindeln erhielt sich bis zum Kriege mit König Pyrrhus (284 v. Chr.): ein Beweis für den damaligen Waldreichtum Italiens, in dem Rom in der Folgezeit mit seinen aus Fachwerk hoch aufgetürmten, so oft abbrennenden Miethäusern gewaltig aufräumte. Noch viel später wurde ein Anfang zur Pflasterung der städtischen Straßen gemacht. Begann nun Rom auch nach und nach seinen dorfartigen Charakter abzulegen (wie z. B. schon vor 310 v. Chr. die hölzernen Buden der Fleischer am Forum den Geschäftslokalen der Geldwechsler gewichen waren), so erfolgten doch die Verschönerungen so langsam und vereinzelt, daß noch am Hofe Philipps von Mazedonien (174) die römerfeindliche Partei über das unschöne Aussehen der weder durch öffentliche noch Privatbauten glänzenden Hauptstadt Italiens spotten konnte. Die Ausstattung derselben mit ansehnlichen Bauwerken war damals erst seit kurzem in Angriff genommen worden."

Trotzdem man in Rom seit den Zeiten Sullas die großartigsten Prachtbauten aufführte, blieben die Straßenzüge doch unverändert, und auch Augustus, der die architektonische Neugestaltung der römischen Hauptstadt in die Wege leitete, vermochte daran nichts zu ändern. Die Nachteile einer derartigen Stadtanlage erkannte man sehr wohl. Unter Tiberius klagte man, „daß die Höhe der Häuser sehr groß und die Straßen so eng seien, daß es weder einen Schutz gegen Feuersgefahr noch eine Möglichkeit gebe, bei einem Einsturze nach irgendeiner Seite hin zu entkommen". Der neronische Brand (64 n. Chr.) gewann seine große Verbreitung lediglich durch die eben geschilderten Übelstände. Als man die durch ihn zerstörten Stadtteile wieder aufbaute und

die Häuser bis zu einer gewissen Höhe aus feuerfestem Material, aus gabinischem und balanischem Stein aufführte, blieben die alten Mißstände doch zum Teil bestehen. Die Fehler des bodenständigen Städtebaus machten sich in einer ungeheuren Wertsteigerung des Bodens geltend. Man mußte also, wie dies in heutigen Großstädten ja auch noch geschieht, in die Höhe bauen. Nach Juvenal gab es in Rom Fenster, von denen man Gegenstände auf der Straße nur wie im Nebel sah. „Füge man zu der Ausdehnung und dem Umfange Roms", sagt Plinius, „die Höhe der Häuser hinzu, so könne sich keine andere Stadt in der Welt an Größe vergleichen." Dabei hatte Rom, wie Friedländer in einer guten Zusammenstellung zeigt, höhere Häuser als die modernen Großstädte: „Während die Berliner Bauordnung von 1860 als Maximalhöhe der Straßenfronten nur 36 Fuß (12 m) bei der gleichen Straßenbreite und eine größere Höhe nur bei einer entsprechend größern, die Wiener nur 45 Fuß (15 m) (bei höchstens 4 Stockwerken), die Pariser höchstens 63,6 Fuß (21 m) (bei einer gleichen Straßenbreite) gestattet, bestimmte August die Maximalhöhe der Vorderhäuser in Rom auf 70 römische (etwa 66 preußische) Fuß (22 m), was 6—7 Stockwerke, Trajan angeblich auf 60 römische (etwa 56 preußische) Fuß (18 m), was 5—6 Stockwerke zuläßt. Beide schwerlich streng aufrecht erhaltenen Bestimmungen erstreckten sich gar nicht auf Hofgebäude und Hinterhäuser, welche also ohne Zweifel vielfach höher gebaut wurden: Bei Martial hat ein armer Schlucker „zweihundert Stiegen" zu seiner Kammer zu steigen. Außerdem waren die Maximalhöhen bei jeder Straßenbreite zulässig, und inbezug auf diese stand Rom hinter den modernen Großstädten sehr zurück. Während in Berlin die Durchschnittsbreite sämtlicher Straßen 22 m beträgt, scheint in Rom die der größeren Hauptstraßen nur 5—6,50 m betragen zu haben, also geringer gewesen zu sein als die unterste der Pariser Skala von 7,80 m, bei welcher dort nur eine Häuserhöhe von 11,90 m zulässig ist. Eine durch ihre Läden so lebhafte Straße wie der Vicus Tuscus in Rom hatte eine Pflasterbreite von nur 4,48 m, der Vicus Jugarius von nur 5,50 m. Hatte Tyrus (nach Strabo) in der Tat noch höhere Häuser als Rom, so war dies durch seine Lage auf einem engen Inselfelsen bedingt."

Die neueren Straßen Roms wurden dann planmäßig angelegt und sind infolgedessen lang und gerade. Betrachtet man den in den Sammlungen des Kapitols befindlichen, auf einer Marmortafel eingegrabenen, aus dem dritten Jahrhundert n. Chr. stammenden Plan Roms, der allerdings nur in Bruchstücken vorhanden ist, so erkennt man hier die so verschiedenartige Ausgestaltung der einzelnen Quartiere: winklige und mannigfach zerschnittene wechseln mit neueren geradlinigen ab.

Wie oben bereits ausgeführt wurde, waren für die Anlage von Städten zunächst strategische Gesichtspunkte, dann solche des Handels sowie auch Überlieferungen usw. maßgebend. Wenn auch diese Grundsätze im ganzen und großen erhalten blieben, so erkannte man später doch, daß auch noch andere Dinge zu berücksichtigen waren. Maßgebend wurden auch hier die Lehren des Hippodamos, die von Aristoteles (384—322 v. Chr.) zusammengefaßt, wohl auch erweitert und uns überliefert wurden. Nach Aristoteles war eine bei der Gründung einer Stadt unter allen Umständen zu fordernde Bedingung, daß der Ort, wo sie erstehen sollte, frische Luft und genügende Mengen guten Wassers habe. Der Platz sollte möglichst offen nach Westen und Norden sein, damit er den von dorther wehenden Winden ausgesetzt war, da diese erfrischend wirken. Dann sollte die Lage allen strategischen Anforderungen entsprechen, außerdem sollte sie die Anlage von schützenden Mauern erleichtern. Des weiteren sollte es möglich sein, den Feind von der Stadt her leicht zu schädigen. Auch

die Regierungsform ist zu berücksichtigen. Städte mit Burgen eignen sich für Monarchien und Oligarchien, eben gelegene Städte für Demokratien, Städte mit mehreren festen Burgen für Aristokratien.

Zu ähnlichen Leitsätzen wie Aristoteles kommt Vitruv (I 4): „Zunächst handelt es sich um die Wahl eines sehr gesunden Ortes. So aber wird er sein, wenn er hochgelegen, weder dem Nebel noch dem Reife ausgesetzt und weder den heißen noch den kalten, sondern den gemäßigten Himmelsgegenden zugewendet ist. Er wird ferner gesund sein, wenn die Nähe eines Sumpfes vermieden wird, denn wenn mit Sonnenaufgang die Morgenlüfte zur Stadt gelangen und die aufsteigenden Nebel sich mit diesen verbinden und die mit dem Nebel vermischte giftige Ausdünstung der Sumpftiere den Körpern der Bewohner durch das Wehen der Morgenlüfte eingehaucht wird, werden sie den Ort ungesund machen. Ferner wird, wenn die Mauern längs des Meeres und in der Richtung gegen Süden oder Westen errichtet werden, die Stadt nicht gesund sein, weil während des Sommers die südliche Himmelsgegend bei Sonnenaufgang warm und um Mittag heiß wird; ebenso wird die gegen Westen gerichtete Seite nach Sonnenaufgang ein wenig erwärmt, um Mittag warm, am Abend glühend." Des weiteren mahnt Vitruv, sich bei der Anlegung von Stadtmauern vor jenen Gegenden zu hüten, die durch die Wärme schädliche Ausdünstungen erzeugen. Ebenso werden aber auch durch die Abkühlung der Feuchtigkeit, der Winde und Lüfte den Körpern krankhafte Zustände zugeführt. Liegen die Stadtmauern in längs des Meeres befindlichen Sümpfen, und sind sie gegen Norden oder zwischen Norden und Osten gerichtet, und jene Sümpfe liegen höher als die Meeresküste, so scheinen sie mit Überlegung angelegt. Man kann dann durch Ziehen von Gräben einen Wasserabfluß an die Küste bewerkstelligen. Außerdem wird bei hochgehender See die Brandung in die Sümpfe geworfen und tötet mit ihrem Salzgehalt die Sumpftiere. Darum sind die Munizipalstädte Altinum (beim heutigen Venedig), Ravenna, Aquileja so „unglaublich gesund". Wo die Sümpfe jedoch stillestehen und weder durch Flüsse noch durch Gräben Abfluß haben, wie die pontinischen, da geraten sie in Fäulnis und erzeugen ungesunde Dünste. Aus diesem Grunde wurde in Apulien die alte Stadt Salapia durch M. Hostilius verlegt, der mit Erlaubnis des römischen Senates und Volkes an einem gesunden Orte eine neue Stadt Salapia gründete. Er gab sogar dem benachbarten See eine Verbindung mit dem Meere, so daß der See als Hafen für die Neugründung diente. „So wohnen jetzt die Salapiner viertausend Schritt von ihrer alten Stadt entfernt an einem gesunden Orte." Die Ausführungen Vitruvs, die im übrigen von unendlicher Weitschweifigkeit sind, so daß wir nur das Wesentlichste daraus wiedergeben können, lassen erkennen, daß Technik und Hygiene zu seiner Zeit schon bei der Wahl des Ortes für die Neuanlage einer Stadt eine hervorragende Rolle spielten.

Ehe man nun im Altertume die Anlage der Stadt selbst in Angriff nahm, war es nötig, sich vor feindlichen Überfällen zu schützen, damit man in Ruhe bauen konnte. Nachdem man in der oben bereits beschriebenen Weise das Areal abgesteckt hatte, ging man zunächst an die Ausführung der Befestigung, an die Herstellung der Mauern und Türme.

Literatur zum Abschnitte: „Der Städtebau" siehe hinter dem Abschnitte „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

Befestigungen.

Die Wälle.

Offene Siedelungen waren im Altertume bei weitem seltener als heute, ja sie waren, wie man wohl behaupten kann, zu manchen Zeiten und bei manchen Völkern die Ausnahme. Freilich hat man auch später Bauten außerhalb der Mauern und Wälle errichtet, wie z. B. in Pompeji, auf der Saalburg usw. usw., aber immerhin lehnten sich auch diese Siedelungen derart an die Befestigung an, daß man sich rasch in deren Schutz zurückziehen konnte. Um sich gegen Feinde zu sichern, wählte man zur Niederlassung mit Vorliebe einen hochgelegenen Ort, von dem aus man das Herannahen feindlicher Scharen besser erkennen konnte, und der es ermöglichte, sie von oben her zu bekämpfen. Dann aber umgab man die neue Ansiedlung, und zwar, wie bereits am Schluße des vorigen Abschnittes angeführt wurde, meist noch vor Errichtung der Wohnstätten mit der eigentlichen Befestigung. Diese war in ihrer ältesten und einfachsten Form ein Wall. Zunächst begnügte man sich damit, einen einfachen Erdwall aufzuwerfen. Derartige Erdwälle haben, ebenso wie die aus ihnen später hervorgegangenen kunstvolleren Befestigungen, die verschiedenartigste Form, die durch die Natur des Geländes bestimmt wurde. Die Befestigungstechnik weiß sich schon auf den niedrigsten Stufen ihrer Entwicklung der Geländeform anzupassen. Man ersparte z. B. Arbeit, indem man Flußläufe, Flußwindungen und Einmündungen von Flüssen als natürliche Befestigungen benutzte und nur noch auf einer Seite einen Wall von meist geradliniger oder schwach gebogener Form aufschüttete. Dann aber legte man auch Ringwälle an, die die ganze Siedelung einschlossen, oder die sich in der Nähe der Siedelung befanden und dann nur als Zufluchtsstätte, als „Refugium“ dienten. Diese Ringwälle haben bald runde, bald längliche, bald auch rechteckige Form. Die Technik ihrer Herstellung war eine einfache. Man rodete die Bäume in der Umgebung aus und ebnete die innerhalb des Walls liegende Fläche ein. Der Wall selbst wurde aus Erdreich aufgeschüttet, dem man, um ihn haltbarer zu machen, schon sehr frühe



Abb. 361. Wendischer Ring-Wall aus Erde aufgeschüttet
Länglich-runde Form.
Im Zootzenwald bei Friesack (Mark Brandenburg)

Steine beimengte. Beim Ausheben des Erdreichs ergab sich von selbst der Graben, der sich aber nicht bei allen Ringwällen findet. Manchmal wird die Umwallung ohne die Anlage eines Grabens von innen und außen her aufgeworfen, so daß sich innen ein vertieftes Plateau, außen ein natürlicher Übergang in die Umgebung bildet. (Abb. 361.) Manche Siedelungen haben zwei Gräben. Wo das Aufführen von Wällen mit den damaligen primitiven Hilfsmitteln, die oft nur aus einer einfachen Hacke bestanden, gar zu mühselig erscheint, oder wo nicht genügend Erdreich vorhanden ist, da türmt man einfach Steine übereinander. Derartige ursprünglich wohl mit Balken zusammengehaltene Steinwälle von beträchtlichem Umfang umziehen z. B. in mehrfacher Reihe den Altkönig im Taunus. (Abb. 362 und 363.) Es sind hier solche Massen von Steinen in derartiger Breite und Höhe und in kilometerweitem Umfang übereinandergetürmt, daß man noch heute über die damals geleistete ungeheure Arbeit staunen muß. Schon frühzeitig findet sich bei der Anlage der Ringwälle die Verwendung von Palisaden. Das Pfahlwerk war ja aus den gefällten und beiseitegeschleppten Bäumen leicht zu beschaffen. So war es nur natürlich, daß man es zur Befestigung benutzte. Zur Keltenzeit wird dann das Holz noch in anderer Weise verwendet. Man errichtet mächtige Trockenmauern mit reichlichem



Abb. 362. Ringwall am Altkönig (Taunus). Oberer Wall des Doppelwalles.



Abb. 363. Ringwall am Altkönig (Taunus). Unterer Wall.

Holzriegelwerk (murus gallicus alternis trabibus ac saxis), eine Befestigungsart, die später auch von den Römern übernommen und an ihrem gegen Germanien gerichteten Grenzwall (limes) besonders in Obergermanien angewendet wurde.

Manche Anlagen zeigen technische Besonderheiten. So bestehen sowohl die „Heidenmauer" auf dem Odilienberg wie die Frankenburg bei Schlettstadt, die beide der La-Tène-Zeit (400 v. Chr. bis Chr. Geburt) angehören, aus mächtigen Sandsteinquadern mit hölzernen Schwalbenschwanzdübeln, die zur Verbindung der Steine dienten. Sie besitzen jedoch keine Holzeinlage mehr. Eine besondere Eigenart weisen noch die sogenannten „Glasburgen" auf, die hauptsächlich in Böhmen und Schottland vorkommen. Während bei den sogenannten „Brandwällen" infolge starker Brandeinwirkung eine stellenweise Verschlackung eingetreten ist, ist bei den Glasburgen der ganze Wall verschlackt und dadurch zu einer zusammenhängenden Masse geworden. (Abb. 364.) Über die Technik der Errichtung derartiger Glasburgen sind mancherlei Erklärungen gegeben worden. Es erscheint zweifelhaft, ob die Verschlackung absichtlich herbeigeführt wurde. Wahrscheinlicher ist es, daß sie beim zufälligen Brand einer aus Steinen, Holz und Erde bestehenden Mauer eintrat. Dafür spricht, daß man bei vielen Glasburgen Reste von Holzkohlen und Asche findet, die auf das Vorhandensein reichlicher Holzmengen in der ursprünglichen Mauer schließen lassen. Des weiteren stimmen Bauart und Anlage derartiger Schlackenwälle, wie z. B. des von Plauen im Vogtlande vollkommen mit den Keltenwällen überein, wie sie Cäsar (de bell. gall. VII 23) beschreibt.


Abb. 364. „Schlackenwall" bei Plauen im Vogtland.

Mauern, Türme und Gräben.

Aus den Ringwällen sind dann die Befestigungsmauern hervorgegangen, bei manchen Völkern, wie z. B. den kleinasiatischen Griechen, ziemlich spät. Noch im 6. Jahrhundert v. Chr. treffen wir dort verhältnismäßig selten auf Mauern, wenigstens nicht auf senkrechte. So war z. B. die Mauer des Herakles (Ilias VII 327—347, 435—411) wahrscheinlich nur ein durch eine Mauer gestützter Wall. Wir werden auf die übrigen Mauern im Gebiete Trojas weiter unten noch eingehender zurückkommen. Allerdings gab es in Mesopotamien schon früher nach sehr gut durchgearbeiteten Plänen hergestellte Befestigungen, wie uns dies der wahrscheinlich aus der Zeit von 3100 v. Chr. stammende Plan einer altbabylonischen Festung beweist. (Abb. 365.) Wir sehen hier, daß die in der Mauer befindlichen Tore durch vorspringende Türme geschützt sind, und daß sich der Eingang zu ihnen allmählich verengt, so daß der gegen die Tore anstürmende Feind sich vor dem Tore zusammendrängen muß. Hier bietet er den Verteidigern, die auf den in staffelförmigem Grundrisse vorspringenden Flankierungstürmen stehen, ein gutes Ziel. Ebenso zeigen auch die Ausbildung der Ecken, die Anbringung von Türmen in einer langen Mauer-

front neben vielen anderen Einzelheiten den hohen Stand der damaligen Befestigungstechnik. Daß man um jene Zeit in Mesopotamien bereits vom Erdwall zur richtigen Mauer übergegangen war, beweisen im übrigen die Ausgrabungen in Nippur, südöstlich von Babylon. Hier wurde die erste Mauer bereits in der frühesten vorsemitischen Zeit (vor 4000 v. Chr.) gebaut. Auf dieser führte Naram-Sin (um 3750 v. Chr.) seine Mauer bis zu einer beträchtlichen Höhe in den charakteristischen breiten Ziegeln dieses Zeitabschnittes auf. Auf der Innenseite der Mauer, die später nochmalige Aufbauten aufnahm, waren Läden für Händler eingebaut. In der Mauer befand sich das große Stadttor mit drei Eingängen, einem mittleren großen, tieferliegenden für Tiere und auf beiden Seiten kleinere, zu denen Stufen hinaufführten, für die Menschen. Eine ganz besonders sorgfältige Ausnützung der durch die Umgebung dargebotenen Verhältnisse zeigten die Befestigungen von Kujundschik. Sie waren mit einer Art von Forts versehen, die in Form von Türmen auf Hügeln vor der eigentlichen Stadtmauer errichtet waren. Dann kam die Mauer selbst, hierauf zwei tiefe Gräben und dann noch zwei weitere Mauern, von denen die eine so hoch war wie die äußere Hauptmauer. Diodor erzählt, daß die Mauern eine Höhe von über 30 m gehabt hätten, und daß sie so hoch und breit waren, daß drei Wagen nebeneinander fahren konnten. Die inneren Mauern waren aus Steinen und Ziegeln erbaut, während die äußeren ihrer Natur nach mehr zu den Wällen zu rechnen sein dürften. Sie scheinen nur aus Erde, lockeren Kieseln und Steinen bestanden zu haben. Die letzteren wurden aus den Gräben gewonnen, die man mit ungeheurer Arbeit in den festen Konglomeratfelsen einhaute. Die Ausgrabungen haben gezeigt, daß der Unterbau der eigentlichen Mauern aus Stein hergestellt war, und daß sie einen Oberbau aus ungebrannten Backsteinen trugen. Der obere Rand der Steinmauer war mit Stufenabsätzen verziert. Die Mauer lehnte sich teilweise so an den Fluß an, daß dieser einen natürlichen mit Wasser gefüllten Graben vor ihr bildete. Da, wo eine Anlehnung an den Fluß nicht möglich war, war sie durch einen von ihm abzweigenden Kanal geschützt. Wo dieser endigte, schloß sich dann (an der Nordseite) ein tiefer Graben an.

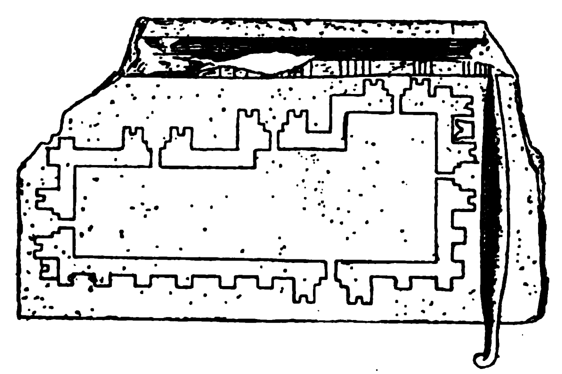


Abb. 365. Plan einer altbabylonischen Festung (auf einer Statue des Herrschers Gudea) um 3100 v. Chr. (siehe auch S. 271).

In ganz besonders hohem Maße entwickelte sich die Befestigungskunst in Ägypten; handelt es sich doch hier um ein vollkommen flaches Land, in dem die Natur die Verteidigung gegen feindliche Einfälle in keiner Weise unterstützte. Infolgedessen befestigte man nicht nur einzelne Städte, sondern man errichtete an den Grenzen entlang eine ganze Anzahl von Festungen, von denen einzelne die Bezeichnung „Mauer des Herrschers" führen, während die Hieroglyphen von anderen berichten, daß sie an den „Toren der Barbaren" lagen. Soweit es anging, nutzte man bei der Anlage die Geländeverhältnisse aus. Im Osten des Nildeltas zieht sich ein langes Tal bis tief

in die Mitte der Deltaformation hinein. Durch dieses Tal konnten feindliche Horden leicht ins Innere des Landes vordringen. Dem beugte man durch die Anlage starker Festungswerke vor, denen ein breiter Kanal vorgelagert war, der sein Wasser aus einer Anzahl benachbarter Seen empfing. Über diesen Kanal führte eine Brücke, die mit einem richtigen Brückenkopf versehen und von einer Anzahl von Forts umgeben war. Die Forts waren ständig militärisch besetzt. Auch im Süden des Reiches legte man an einzelnen strategisch wichtigen Punkten die Befestigungen mit weitgehender Berücksichtigung der Eigenart des Landes an. So errichtete ein ägyptischer König, und zwar (nach Lepsius), wahrscheinlich Usertesen III. (um 2300 v. Chr.), am Durchbruche des Nils durch einen bei Semneh in Nubien gelegenen Felsendamm eine gewaltige Festungsanlage. Sie war aus Ziegeln hergestellt und mit Gräben, Wällen sowie Mauern ausgestattet. Dem Flusse gegenüber stand eine hohe Mauer, die wegen ihrer Lage am Ufer und ihrer Höhe als uneinnehmbar gelten konnte. Die Mauer setzte sich nach der Landseite zu fort, wobei sie sich den Geländeverhältnissen derart anschmiegte, daß ihre Höhe zwischen 25 m an Einschnitten und 15 m auf Bodenwellen wechselte. Unten ist sie 8—9 m, oben hingegen 4 m breit. Ihr oberer Teil ist stark abgeschrägt. Dies hat den Zweck, das Erklettern mit Hilfe von Leitern zu verhindern. An dem oberen Teile der Abschrägung läßt sich keine Leiter anlehnen. Legt man sie aber gegen den unteren Rand, so kommt man von der obersten Leitersprosse aus auf der von hier steil emporführenden Abschrägung nicht weiter. An der Mauer befinden sich 12 bis 13 turmartig vorspringende Widerlager von etwa 2 m Dicke. An allen Winkeln befinden sich Doppeltürme, von denen aus die der Mauer sich nähernden Feinde mit Pfeilen beschossen werden können. Der Graben vor der Mauer hat die gewaltige Breite von 30—40 m, seine Böschungen sind mit sorgsam geglätteten Steinen belegt, so daß jeder Feind, der die Außen- oder Innenböschung betritt, den Halt verliert und auf der glatten Steinbahn in den Graben hinabrutscht. Auch die Bekrönung des Grabens ist mit Steinen belegt. Vor dem Graben zieht sich ein gleichfalls mit Steinen bedecktes Glacis entlang, auf dem wie auch jetzt noch bei modernen Festungen die Verteidiger den Ansturm des Feindes erwarteten. Die Mauern wurden im Fall eines Krieges noch besonders „armiert". Man versah dann ihre Zinnen mit Balkenverbänden, auf denen man hölzerne Türme und vorstehende Gerüste errichtete. Hier stellten sich dann die Verteidiger auf, die den Feind mit Pfeilen, Steinen, Wurfgeschossen und, wenn er nahe genug kam, mit siedendem Öl übergossen. In ähnlicher Weise dürften auch die syrischen Befestigungen ausgestaltet gewesen sein; wenigstens lassen die Wandgemälde im Ramesseum, die ihre um 13 v. Chr. erfolgte Eroberung durch Ramses II. darstellen, darauf schließen. Allerdings läßt sich nicht sagen, ob der ägyptische Schlachtenmaler diese Festungen wirklich gesehen hat, oder ob er sich bei seiner Darstellung die ägyptischen Befestigungen zum Vorbilde nahm. Daß im übrigen auch die Skythen ähnliche Befestigungen gehabt zu haben scheinen, beweisen die Wandgemälde in Theben, die von ihrer Eroberung durch Ramses II. und zugleich davon Kunde geben, daß man auch hier die Geländeverhältnisse gut ausnützte. Die Skythenfestung ist von einem doppelten Graben umgeben, der von einem benachbarten Flusse gespeist wird. Über den Doppelgraben führen zwei Brücken. Die Verteidiger stehen vor dem Graben und vor den Brücken scheinbar auf einer Art von Glacis, das obendrein noch von den Türmen aus mit Pfeilschüssen bestrichen werden kann. Die Türme sind höher als die Mauern, um den Feind, der sich dieser bereits bemächtigt hat, von hier aus weiter bekämpfen und ihn von den Mauerzinnen vertreiben zu können.

Befestigungstechnik bei den Griechen.

Eine besonders hohe Stufe erlangte die Befestigungstechnik bei den Griechen. Im Anfange freilich war auch hier der Wall die fast allgemein übliche Art der Befestigung. So war die nahe am Strande von den Griechen errichtete Mauer des Lagers zu Troja aus Erde hergestellt, in die zu größerer Festigkeit Baumstämme und Steine eingerammt waren (Ilias XII 28, 29). Vor ihr befand sich ein tiefer Graben (Ilias VII 327—347; 435—441). Sie besaß hölzerne Türme, in oder neben denen Tore ins Innere führten (Ilias XII 35, 36; VII 338, 339). Auf der Mauer und den Türmen waren Brustwehren (ἐπάλξεις), die wie Stufen (κρόσσαι) aus der Mauer herausragten. Die Mauer war durch Widerlager (στῆλαι προβλῆτες) geschützt, also wahrscheinlich durch Balken mit dagegen gestemmten Streben oder vielleicht auch durch eine Bretterverschalung mit Balkenstützen, die das Rutschen des Erdwalls hindern sollten. Zwischen der Mauer und dem Graben war der in der Ilias viel erwähnte Gang, auf dem sich die Griechen lagerten, auf dem sie ihr Abendmahl kochten usw. usw. (Ilias IX 67, 87; XII 64—66, 145; XVIII 215, 228; XX 49). Dieser Gang und mit ihm die Mauer waren gegen den Graben zu durch eine Reihe von Palisaden abgegrenzt, die in den erhöhten Grabenrand eingetrieben waren und die dem Gang sowohl wie der Mauer zum Schutze dienten. (Schliemann.)

Außer über diese griechische Mauer gibt die Ilias aber auch über die trojanische ausführliche Auskunft, deren technische Einzelheiten außerdem noch durch Schliemanns Ausgrabungen zu unserer Kenntnis gelangt sind. Die Mauer (Ilias XXII 3, 145; XVI 700 usw. usw.) hatte Brustwehren und Türme und scheint nach den Angaben des Homer (Ilias VI 435—437) nur an einer einzigen Stelle leicht zugängig gewesen zu sein. Wenn sich nun auch bei den Schliemannschen Ausgrabungen herausgestellt hat, daß bei Trojas verschiedenen Städten auch verschiedene Mauern zu unterscheiden sind, so gibt uns doch in der Hauptsache die Mauer der dritten Stadt ein eingehendes Bild von der Befestigungstechnik der Trojaner. Es sei nur erwähnt, daß die kyklopische Mauer der zweiten Stadt auf einer Futtermauer aus kleineren Steinen der ersten Stadt ruht. Diese diente wahrscheinlich auch als Stützmauer des Hügels. Die Mauer der ersten Stadt (A in Abb. 366) ist genau in derselben Art gebaut wie die Hausmauer der ersten und untersten Stadt, d. h. so, daß die Fuge zwischen je zwei Steinen durch einen dritten Stein gedeckt wird. Die Mauer der zweiten Stadt, die



Abb. 366. Die Mauern Trojas (Vorderansicht). Die Mauer B ist die der zweiten Stadt. Die schiefe Lage ihrer Steinschichten scheint eine Folge der Bodensenkung zu sein. Die Mauer A ist älter, sie ist Stützmauer zur Befestigung des Berghanges und gleichzeitig Mauer der ersten Stadt, sowie Futtermauer für die Mauer B.

Kyklopenmauer (B Abb. 367), besteht aus großen, mit kleinen Steinen verbundenen Blöcken. Des weiteren wurde noch eine andere Mauer aus großen mit Lehm ver-

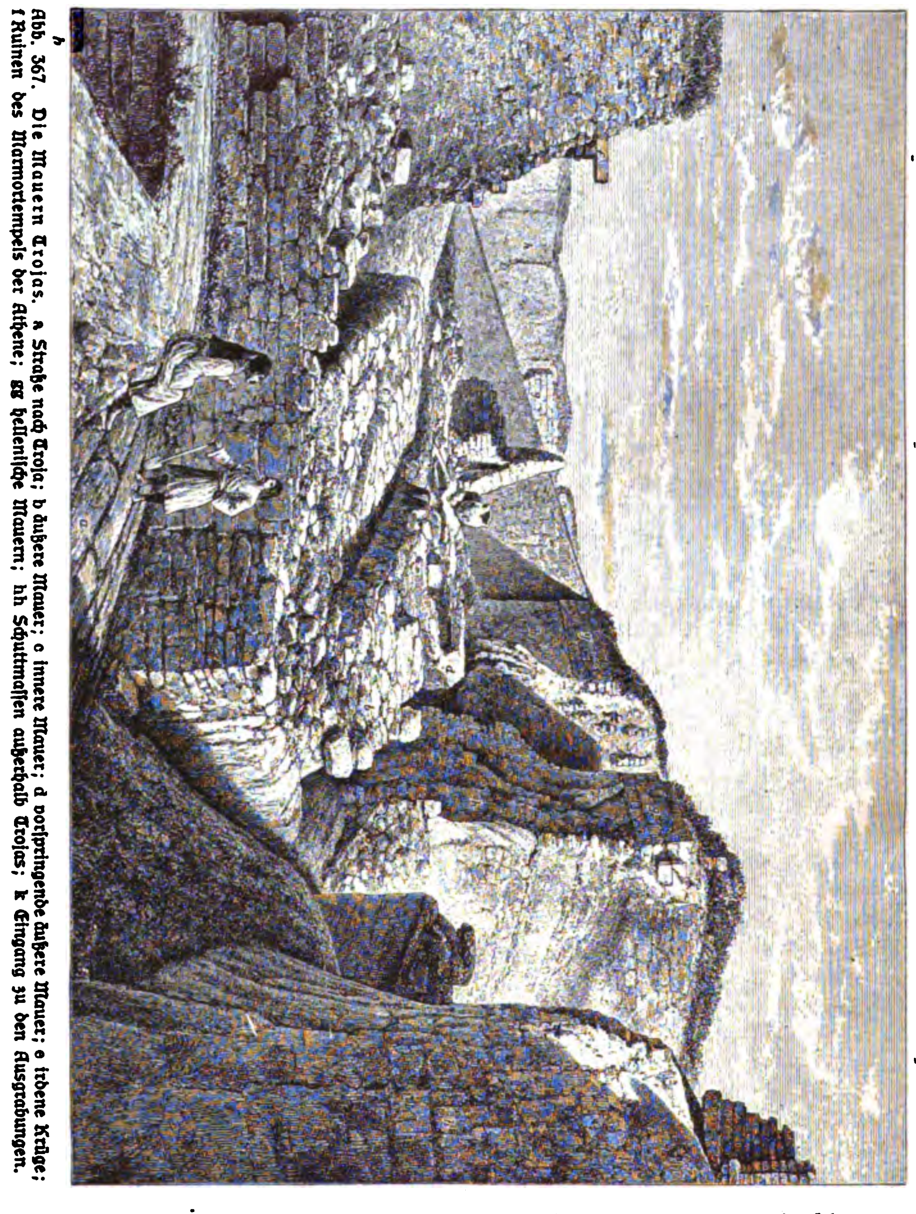


Abb. 367. Die Mauern Trojas. a Straße nach Troja; b äußere Mauer; c innere Mauer; d vorspringende äußere Mauer; e irdene Krüge; f Ruinen des Marmortempels der Athene; gg hellenische Mauern; hh Schuttmassen außerhalb Trojas; k Eingang zu den Ausgrabungen.

bundenen Blöcken aufgedeckt. Auf Grund aller Ausgrabungen und Forschungen gibt Schliemann über die zweite Mauer B folgendes an: „Sie ist 10 Fuß (3,30 m) hoch, 6½ Fuß (2,17 m) dick und in der sogenannten kyklopischen Bauart, in regel-

mäßigen Lagen großer, aber nur wenig bearbeiteter viereckiger Kalksteinblöcke, die durch kleine verbunden sind, errichtet. Ihr Scheitel liegt gerade 34 Fuß (11,30 m) unter der Oberfläche des Bodens. Wie die Schuttlagen, die sich in schräger Richtung unter ihr hinziehen, zeigen, war sie ursprünglich auf dem steilen Abhange des Hügels erbaut. Die Menge ähnlicher Blöcke, die neben dieser Mauer liegen, scheint dafür zu sprechen, daß sie einst viel höher war. Als ich sie zuerst Ende Juli 1872 bloßlegte, war sie viel länger. Im Februar 1873 räumte ich sie teilweise fort, um die schon beschriebene merkwürdige Futtermauer A freizulegen. Diese erhebt sich unter einem Winkel von 45 Grad 6 Fuß (2 m) unter ihr und diente einem isolierten Sandhügel, der 20 Fuß (6,70 m) hoch zu sein scheint und dessen Kamm 20 Fuß (6,70 m) unter der jetzigen Bergfläche liegt, als Stütze. Diese Futtermauer können wir, wie ich oben darlegte, aller Wahrscheinlichkeit nach der ersten Stadt zuschreiben.

Auf diese Bewohner der zweiten Stadt müssen wir ferner mit hoher Wahrscheinlichkeit die große innere Mauer beziehen, die auf der nebenstehenden Abbildung Nr. 367 mit c, auf der kleinen Skizze Nr. 368 mit a bezeichnet ist. Diese Mauer besteht gleichfalls aus großen Steinblöcken und fällt unter einem Winkel von 45 Grad nach Süden ab. Aber nur auf der Südseite besteht sie aus solidem Mauerwerk, auf der Nordseite ist sie nur vier oder fünf Lagen tief aus Stein erbaut und wird hier durch einen breiten Wall (r) aus losen Steinen und Schutt gestützt, woraus auch ihr Inneres größtenteils besteht. Unmittelbar südlich von dieser großen Mauer steht eine andere von gleicher Größe (b auf der nebenstehenden Abbildung Nr. 367 und c d auf der Skizze Nr. 368), die offenbar von den dritten Ansiedlern erbaut wurde, und von der ich weiter unten sprechen werde. Nachdem die große innere Mauer eine Strecke weit in östlicher Richtung verlaufen ist, verengt sie sich und wird zu einer 11¾ Fuß (3,90 m) hohen, oben 6 Fuß (2 m), unten 12 Fuß (4 m) dicken Mauer aus soliden Steinen; diese Mauer wendet sich dann plötzlich nach Nordnordwest. Die Erbauer dieser letzteren Mauer gaben sich nicht die Mühe, die Erde vom Felsboden wegzuräumen, denn die Mauer steht auf einer den Fels bedeckenden 1 Fuß 9 Zoll bis 2 Fuß tiefen Erdschicht. Den Bewohnern dieser zweiten Stadt gehört offenbar auch die Errichtung des Tores mit seiner gepflasterten Straße an, die in südwestlicher Richtung zur Ebene hinabläuft; denn sowohl der untere Teil dieses Torweges als die Mauern, die ich durch Wegräumung einiger Steine des Straßenpflasters bloßlegte, zeigen genau die gleiche Bauart aus großen Blöcken von weißem Kalkstein. Wie das scharfe Auge meines Freundes Professor Sayce sofort entdeckte, wurde diese Straße von den zweiten Ansiedlern dadurch angelegt, daß sie gegen das, was bis dahin ein steiler Abhang gewesen war, einen Wall aus Schutt aufhäuften. Die Mauern, welche die Straße unter ihrem Pflaster kreuzen, können nur der Befestigung dieses Schuttdammes gedient haben."

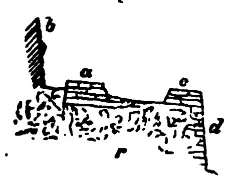


Abb. 368. Die Mauern Trojas. Die größere äußere und innere Mauer.

Die Mauer der dritten Stadt endlich zeigt höchst eigenartige konstruktive Eigenheiten. Den neuen Ansiedlern schien die auf Abbildung 367 mit c bezeichnete Mauer kein genügender Schutz zu sein, war sie doch, da sie unter einem Winkel von 45 Grad abfiel, leicht zu ersteigen. Sie errichteten deshalb gerade vor ihr die große mit b bezeichnete Mauer, die nach Süden zu unter einem Winkel von 15 Grad steht während sie auf der Nordseite gegenüber der alten Mauer c senkrecht ist. Den dadurch zwischen beiden Mauern entstehenden großen, dreieckigen hohlen Raum füllte man mit Erde

aus, die, wie die Ausgrabungen ergaben, vollkommen frei von Schutt war. Aber ebenso wie die Mauer c besteht auch die zweite Mauer b nicht aus solidem Mauerwerk, sondern aus zwei Mauern, die etwa 2 m voneinander entfernt stehen, und von denen die auf der Südseite sich unter einem Winkel von 75 Grad hebt. Der Raum zwischen beiden Mauern wurde mit losen Steinen ausgefüllt. Diese Ausfüllung erklärt auch, warum die südliche Mauer einen Neigungswinkel von 75 Grad hat. Bei gerader Stellung hätte sie, da sie als Futtermauer für die losen Steine dient, deren gewaltigen Druck wahrscheinlich nicht ausgehalten. Beide Mauern sind aus kleinen mit Ton verbundenen Steinen hergestellt und enthalten dem Anscheine nach nicht einen einzigen bearbeiteten Block. Man legte die platte Seite der Steine nach außen und erzielte so eine leidlich glatte Mauerfläche. Die Mauerkrone war wie die der Mauer c mit größeren Steinen gepflastert. Da beide Mauern c und b gleiche Höhe hatten, und da der zwischen ihnen befindliche Zwischenraum bis oben hin mit Erde ausgefüllt war, so gewann man eine breite Plattform. Die Fortsetzung der Mauer b besteht nur aus wenigen über dem Schutt der zweiten Stadt errichteten Lagen großer Steinblöcke. Auf diesen Steinblöcken wurden Ziegelmauern errichtet, die man aber nicht unmittelbar daraufbaute, man legte vielmehr, da sie wohl zu schwach erschienen, um die Ziegelmauer zu tragen, erst Tonkuchen darauf, auf denen sich dann die Ziegelmauern erhoben. Diese Verwendung von Tonkuchen zur Herstellung von Mauern ist eine Eigentümlichkeit der Erbauer der dritten trojanischen Stadt. Sie kommen zwar auch schon in den ersten beiden Städten vor, doch bilden sie hier nicht einen Teil des Bausystems selbst. Über den Grund, der zur Verwendung dieser Tonkuchen führte, schreibt Burnouf: „Die neuen Ansiedler begannen damit, den Schutt über den Ruinen der zweiten Stadt zu ebnen: sie füllten die Löcher und Höhlungen mit Steinen und anderen Material, an manchen Stellen bloß mit Asche oder Ton aus und legten zur Konsolidierung des Bodens Tonkuchen (galettes) dazwischen." Über die auf den Tonkuchen stehende Ziegelmauer macht Burnouf folgende Mitteilung: „Bei A (Abb. 369) sind 16 Ziegellagen, die mit einer aus zerstoßenen Ziegeln bereiteten Masse miteinander verbunden sind. Diese Ziegellagen reichen fast bis zur hellenischen Mauer c hinauf. Nach außen sind sie geneigt; die Tonkuchenmasse B, auf welcher sie aufliegen, ist 1,70 m dick; sie sind von ihr durch eine Schicht von Kalksteinblöcken getrennt. Die Tonkuchenmasse B ruht auf der großen Mauer D, der Ringmauer, der Zitadelle. Später wurde dann die Stadt durch die über die Mauern geworfenen Schuttmassen erweitert. R bezeichne eine dieser Schuttmassen, die eine Lage schwarzer Asche N enthält. M ist die Mauer eines Hauses, das sich an die hellenische Mauer C anlehnt." Auf der Nordseite ruht die Ziegelmauer dann anstatt auf der Steinmauer auf einer Lage großer Platten.



Abb. 369. Die auf den Tonkuchen stehende Ziegelmauer zu Troja.

die Ziegelmauer selbst besteht aus zwei parallelen Mauern, deren Zwischenraum mit zerbrochenen Ziegeln ausgefüllt ist. Außerdem zeigt sie teilweise einen weißen Bewurf.

In der Ilias werden sowohl ein Wachtturm (XXII 145) wie auch ein anderer (XVI 700) erwähnt. Dies beweist, daß die Befestigungstechnik schon sehr früh zwischen reinen Wachttürmen und den für die eigentliche Verteidigung gehörenden Türmen unterschied. Gewöhnlich sprangen, wie dies ja auch bei den mittelalterlichen Befestigungen noch der Fall ist, die Wachttürme nicht aus der Mauer vor, während die Befestigungstürme durch ein solches Vorspringen ein Überschütten der zwischen ihnen liegenden Mauerfront und des dazugehörigen Grabenteils mit Pfeilen oder Geschossen ermöglichten. Die Entfernung der Türme voneinander beträgt entsprechend der Tragweite der damaligen Waffen und Geschütze zwischen 50 und 100 m. Die Türme springen manchmal senkrecht zu dem dazwischenliegenden Mauerstück der „Kurtine" vor, manchmal bilden ihre Seiten einen Winkel damit, so daß sie also dem Feinde eine Mauerkante zukehren. Diese Stellung erschwert das Beschreiten der Kurtine, weshalb man bei manchen Befestigungsanlagen den Turm in einen Winkel der Kurtine hineinstellt oder die Kurtine zwischen den Türmen bricht. Anstatt des, wie oben erwähnt wurde, schon in Mesopotamien üblichen trichterförmig sich verengenden, durch Türme flankierten Toreingangs kommen später sechseckige Türme als Torflankierung zur Anwendung, wodurch dieselbe Wirkung erzielt wird. Rundtürme sind im allgemeinen selten, doch kommen sie in einzelnen Fällen wie z. B. zu Messene zur Anwendung.

Die Tore.

Ganz besondere Sorgfalt wurde der Bewehrung der Eingangstore zugewendet. Außer den festen Türmen, die das Tor flankieren (Abb. 370), bringt man noch besondere Mauervorsprünge an, hinter denen das Tor verborgen liegt. Zu dem Tor aber führt der vielfach geschützte Weg, der unter Umständen im Winkel umbiegt, so daß hier Stockungen entstehen oder Wegstrecken geschaffen werden, die entweder gut bestrichen werden können oder die bei Ausfällen den Verteidiger in den Stand setzen, das Vorgelände unverwundet zu erreichen. Hinter dem Tor ist oft ein Hof, der stadtwärts durch ein zweites Tor abgeschlossen wird und dazu dient, die Truppen aufzustellen, zu mustern, abzulösen oder vor Ausfällen zu versammeln. Auch kann der bereits durch das Außentor eingedrungene Feind hier durch Schließen des nach der Stadt führenden

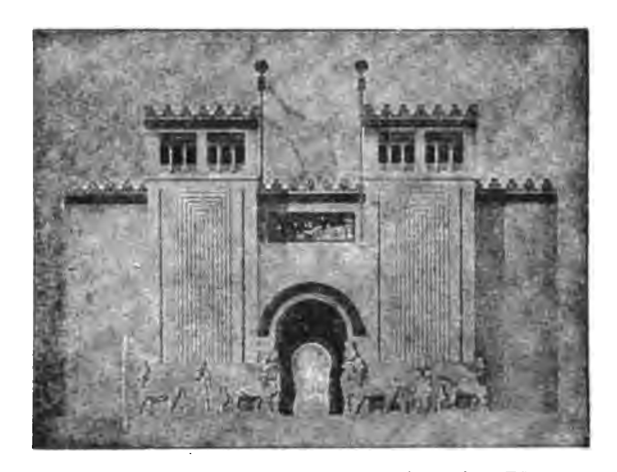
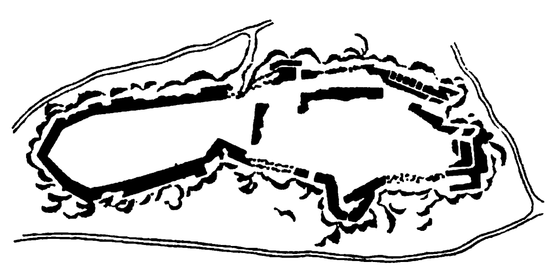


Abb. 370. Tor mit flankierenden vorspringenden Türmen. Rekonstruktion des Tores zum Sargon-Palast.

Tores am weiteren Vordringen verhindert, festgehalten und unter Umständen vernichtet werden.

Beispiele für besonders gut angelegte Tore bieten vor allem die Burgen von Tiryns und Mykenä. Die Mauern von Tiryns enthalten Steinblöcke von 2—3 m Länge, 1 m Breite und 1—2 m Dicke. Das Gewicht einzelner Stücke beläuft sich auf 20 000 kg. Die Mauern zeigen keine Böschungen, sondern steigen senkrecht in gewaltiger Größe empor. Die Hauptmauer von Tiryns umzieht einen Hügel von etwa 100 m Länge und 300 m Breite, der in drei Abteilungen zerfällt. Auf der höchsten lag die alte Königsburg, die mittlere enthielt die Wohnungen von Vasallen und Dienerschaft, die untere war die eigentliche Stadt. Die Mauern der einzelnen Abteilungen zeigten sehr verschiedene Dicke. Während manche nur etwa 7—8 m dick sind, beläuft sich die Dicke anderer auf nicht weniger als 16 m. Die den Aufgang der Burg bildende Rampe ist nun so angelegt, daß der gegen das Tor zu Schreitende die linke, den Schild tragende Hand nach außen hielt; die rechte Hand war der Umfassungsmauer der Burg zugewendet. Dadurch war er schon infolge seiner Stellung ziemlich wehrlos, konnte er sich doch gegen die Mauern zu nicht mit dem Schilde decken und auch keine Speere usw. nach oben schleudern. Das Tor hatte eine Breite von 2—3 m und war durch Schieberiegel zu verschließen, für die die Aussparungen noch in der Tormauer vorhanden sind. Die Türe war keine Flügeltür, sondern, wie die Spuren in der noch erhaltenen Schwelle und dem zertrümmerten Türsturz zeigen, eine Drehtür. Sie hatte in der Verlängerung ihrer Längsachse Zapfen, die sich in den in der Mitte von Schwelle und Sturz befindlichen Zapfenlagern drehten. Beim Öffnen der Tür ragte also die eine Hälfte nach innen, die andere nach außen. Der mit dieser Eigenart nicht vertraute Feind, der gegen beide Türhälften drückte, hielt sie dadurch selbst eine Zeitlang im Gleichgewicht und wurde so aufgehalten, was es ermöglichte, ihn von der Mauer her länger zu beschießen. Hinter dem Tore schloß sich ein weiteres Verteidigungswerk, ein durch Mauern geschützter Gang an. Ein stark befestigter Turm enthielt die zur Versorgung der Besatzung mit Trinkwasser so notwendige Zisterne, die überhaupt in vielen alten Befestigungsanlagen noch ganz besonders geschützt wird. Dann kommt ein Doppeltor, hinter dem der Weg immer noch zwischen hohen Mauern weitergeht. An den Eingang schließen sich seitwärts Kasematten an, die die ältesten Spitzbogengewölbe tragen. Wir werden auf die Konstruktion dieser Spitzbogen weiter unten eingehender zurückkommen.[1]) Wie zielbewußt der Baumeister dieser Anlage vorging, mag man daraus ersehen, daß nur die Umfassungsmauern und einige Fundamente aus den schon erwähnten gewaltigen Steinblöcken hergestellt wurden. Alle im Innern der Anlage befindlichen Bauten und Mauern bestehen aus Ziegeln, Lehm und Holz.


Abb. 371. Befestigung der Burg zu Tiryns.

In ähnlicher Weise ist die Burg von Mykenä ausgestaltet, bei der vor und hinter dem Eingange, dem berühmten Löwentor, der Weg zwischen gewaltigen

[1]) Siehe Seite 296 u. 297.

Mauern hinführt, von denen aus der gegen das Tor vordringende oder bereits eingedrungene Feind erfolgreich bekämpft werden kann. Während die Befestigungsmauern von Tiryns ausschließlich aus nicht weiter bearbeitetem Kyklopenmauerwerk bestehen, enthalten die von Mykenä außer diesem auch kunstvoll behauene und sorgfältig aneinandergefügte Quadersteine. Aber auch hier beschränkt sich, ebenso wie bei der Anlage der Burg von Knossos auf der Insel Kreta, die Verwendung derartig widerstandsfähigen und gewaltigen Steinmauerwerks nur auf die Befestigungsanlage sowie auf Unterbauten. Die übrigen Gebäude mit Ausnahme der gleichfalls aus festem Stein hergestellten Grabkammern sind aus leichtem vergänglichen Material, aus Ziegeln oder Lehm hergestellt. Mußten derartige Befestigungen in der Eile hergestellt werden, so ging man von dem Grundsatze, für sie das beste Steinmaterial zu verwenden, nicht ab. Im Jahre 479 v. Chr. baute Themistokles in aller Eile Athen zu einer Festung aus und verband sie trotz Widerspruchs der Spartaner mit dem ebenfalls befestigten Piräus. Wie uns verschiedene Autoren berichten (Thukydides I 90; Cornelius Nepos: Themistokles 6), verwendete man zum Bau dieser in Eile hergestellten Mauer als Steine Grabplatten, die heute noch an den Resten dieser Mauer am Dipylon zu sehen sind. Da ihre Menge nicht genügte und die Beschaffung weiteren Steinmaterials zu viel Zeit erfordert hätte, so wurde der Oberbau der themistokleischen Mauer aus Lehmziegeln hergestellt.



Abb. 372. Ein Teil der unter Themistokles 479 v. Chr. errichteten Stadtmauer von Athen.



Abb. 373. Die von Themistokles errichtete Stadtmauer von Athen. Teilansicht.

Auch die Tore verraten durch ihre Konstruktion, daß sie mit großer Überlegung und zum Teil unter Aufwand eines ziemlichen Maßes technischer Kenntnisse hergestellt sind. Sie haben sich in den Befestigungen deshalb technisch ganz besonders gut entwickelt, weil hier infolge des verwendeten Materials einzelne ihrer Teile stets sehr schwere Lasten zu tragen hatten. Zunächst, bei den einfachsten Toren, legte man den Sturzblock einfach oben quer über die beiden Pfosten und fügte das durch diese Teile sowie die Schwellenlinie gebildete Rechteck ohne weiteres in die Mauer ein. Um ein geräumiges Tor zu schaffen, mußte man den Sturzblock verbreitern. Dadurch wurde er schwerer und stellte höhere Anforderungen an die Tragfähigkeit der Pfosten. Man half sich dadurch, daß man diese schief stellte, so daß sich die Toröffnung nach oben

zu verjüngte. Dadurch blieben bei größerer unterer Öffnung die obere und mit ihr der Sturzblock klein. Er war der Gefahr des Berstens unter dem auf ihm lastenden Drucke weniger ausgesetzt als ein langer über gerade stehende Pfosten gelegter Block. Dann aber verfiel man noch auf ein weiteres Hilfsmittel, um den Sturzblock zu entlasten und sein Zerbrechen zu verhüten. Das Löwentor von Mykenä ist nach Reber, dessen Angaben wir diesen Ausführungen zu Grunde legen, ein klassisches Beispiel dafür, wie man dabei vorging. Man schuf über dem Sturzblock eine Öffnung, eine Art von zweitem Tor, ein Entlastungsloch, indem man von der Seite her die Mauer allmählich vorkragte und abschrägte. So bildete sich über dem Sturzblock, der nun nicht mehr durch die darauf liegende Mauer belastet war, eine freie Öffnung von dreieckigem, trapezoidischem oder polygonem Querschnitt, die dann entweder, wie z. B. beim Tor von Messene, frei gelassen oder durch leichteres Mauerwerk ausgefüllt wurde, auf dem man, wie beim Löwentor von Mykenä, noch plastischen Schmuck anbringen konnte. Denkt man sich bei einem Tore, das über dem Sturzblock das eben beschriebene Entlastungsloch trägt, den Sturzblock und die ihn tragenden Pfosten weg, so kommt man zu einer Torkonstruktion, wie wir sie an antiken Befestigungen gleichfalls antreffen und z. B. an einer Mauerpforte in Messene vorfinden. (Abb. 375.)



Abb. 374. Löwentor von Mykenä.



Abb. 375. Tor von Messene (restauriert).

Die Mauer selbst bildet die senkrechte Begrenzung des Toreingangs und schließt sich über diesem infolge Vorkragung und Abschrägung in Form einer dreieckigen Öffnung zusammen. Wird die Abschrägung etwas geschweift gehalten, so entsteht das spitzbogige Tor (Tor von Ephesus). Beginnt man mit Vorkragung und Abschrägung unter Weglassung aller senkrechten Begrenzungsflächen des Toreingangs sofort unten an der

Schwelle, so entsteht eine dreieckige Toröffnung (Tor von Misolunghi, Abb. 376) bzw. wenn die Abschrägung geschweift gehalten wird, eine spitzbogige (Tor von Thorikos, Abb. 377). Bei senkrechter Eingangsbegrenzung gibt die Vorkragung der oberen Mauerteile aber auch ein Mittel an die Hand, den Sturzblock zwar anzubringen,



Abb. 376. Tor von Misolunghi.





Abb. 377. Tor von Thorikos.

ihn aber sehr klein zu halten (Tore von Phigalia, Abb. 378, und Amphissa). Diese Vorkragung kann aber auch wieder mit Abschrägung verbunden werden (Tore von Samos, Abb. 379, Abä und Samothrake). Ein praktisches Mittel, das im übrigen



Abb. 378. Tor von Phigalia.



Abb. 379. Tor von Samos.

auch bei ägyptischen Bauten, z. B. den Pyramiden angewendet wurde, um den Sturzblock zu entlasten, besteht darin, daß man ihn von vorneherein teilt. Die beiden Teile werden schräg gegeneinandergestellt und ruhen mit ihren unteren Flächen auf dem das Tor begrenzenden Mauerwerk oder auf Stützpfeilern auf. Dann wird der Druck des auf diesem Dache ruhenden Mauerwerks in ähnlicher Weise wie bei vielen Brückenkonstruktionen auf die Seitenpfeiler bzw. die Seitenmauern übertragen und dadurch der (geteilte) Sturzblock entlastet. Ein Beispiel für diese Konstruktion bildet das Tor von Delos.

Befestigungsanlagen der Römer.

Die Befestigungsanlagen der Römer ähneln denen der Griechen im allgemeinen sehr, ja sie weisen zuweilen mit solcher Deutlichkeit gewisse altgriechische Eigentümlichkeiten auf, daß der Ursprung der Überlieferung unverkennbar ist. Als Beispiel sei das befestigte Lager von Vintian an der Bucht von Verudella bei Pola erwähnt, das in bezug auf seine Ausgestaltung und die Anlage des Zugangs an die oben beschriebenen Befestigungen von Tiryns und Mykenä erinnert. (Abb. 380.) Anthes macht darüber folgende Angaben: „Das gesicherte Plateau (Durchmesser 100 Schritte, Meereshöhe 50 m) ist durch Aufführung einer aus trockengelegten Blöcken und Bruchsteinen bestehenden Futtermauer und Ausfüllung des zwischen ihr und dem höchsten Teile des Hügels liegenden Raumes geschaffen. 3—6 m unterhalb der Mauer läuft in wechselnder Breite von 20—60 Schritt ein Wallgang, der sich gegen die weitere Abdachung des Hügels abermals durch eine wallartige Mauer aus Stein abschließt. Der Zugang zur Anlage läuft am Nordrand eines Höhenrückens, der die Burg gegen das Land zu mit anderen Höhenzügen verbindet. Die Straße wird, sobald sie sich nähert, ununterbrochen von Mauerzügen flankiert, wodurch ein Defilée geschaffen ist, in dem allein der Angreifer den schwächsten Teilen der Anlage sich nähern kann. Sobald diese Zugangsstraße den Wall tangential getroffen hat, läuft sie mehr als 100 Schritt am Fuß eines wallartigen Bollwerks so hin, daß der Angreifer im Vordringen dem Verteidiger seine rechte Seite preisgeben muß."

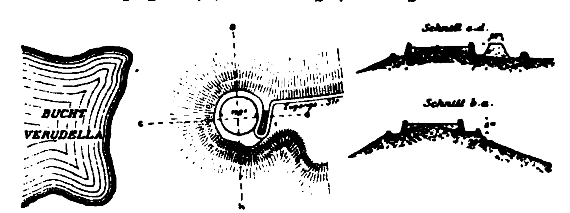


Abb. 380. Das befestigte Lager von Vintian.

Auch die eingehende Beschreibung, die Vitruv (I 5) über die Anlage der Mauern und Türme gibt, enthält fast nichts, was nicht schon eine Eigenart der mesopotamischen, ägyptischen und der griechischen Befestigungen gewesen wäre. Auch er weist darauf hin, daß der Eingang eine Lage haben müsse, die den Feind zwingt, die mit dem Schilde gedeckte Seite nach außen zu wenden. Er gibt des weiteren die Lehre, daß die Städte nicht im Viereck, noch mit vorspringenden Ecken, sondern in kreisförmigen Biegungen anzulegen seien, „so, daß der Feind von mehreren Plätzen aus gesehen werden könne; denn bei den Städten, wo die Ecken vorspringen, ist die Verteidigung schwierig, weil die Ecke mehr den Feind schützt als den Bürger". Vitruv scheint hier für eine alte Eigenart der römischen Befestigung, deren Entstehung wir oben bereits (siehe Seite 279) zu erläutern versuchten, eine Erklärung gesucht zu haben, die aber wenig stichhaltig erscheint, denn einerseits findet sich die Ecke noch an späteren Befestigungen des Mittelalters und der folgenden Jahrhunderte, andererseits erscheint es praktischer, die Ecke durch einen Turm als durch Abrundung zu vermeiden. Außerdem aber wird bei manchen römischen Befestigungsanlagen die gerundete Ecke durch davorgestellte Anbauten oder Bauteile gekantet bzw. abgeschrägt (z. B. Kastell von Niederbieber; Eckenbildung im „Novus vicus" bei Heddernheim). Als Türme empfiehlt Vitruv runde oder vieleckige; denn die viereckigen werden von den Belagerungswerken leichter zertrümmert, weil die Widder durch ihren Stoß die Ecken brechen —, „bei Rundungen aber können sie, da sie die keilförmigen Steine nach dem Mittelpunkte treiben, nicht verletzen".

Römische Mauern, die uns zeigen, daß man die Lehren Vitruvs bzw. schon vor ihm die alten aus dem Orient stammenden Überlieferungen Griechenlands

genau befolgte, sind uns in zahlreicher Menge erhalten. Vitruv gibt an, daß man die stärksten Mauern erhält, wenn man außerhalb der zu errichtenden Werke einen möglichst tiefen und breiten Graben zieht und die daraus gewonnene Erde als Wall zwischen zwei innen und außen aufzuführenden Mauern aufhäuft. Wenn dieser Wall fest genug gestampft ist, um auch dann für sich zu stehen, wenn in die äußere Mauer Bresche gelegt ist, so hat man die stärksten Mauern, gegen die weder mit Widdern noch mit anderen Maschinen noch endlich durch Minen erfolgreich vorgegangen werden kann. Sieht man vom äußeren Wallgraben ab, der bei den Werken Pompejis fehlt, weil er wahrscheinlich in späterer Zeit, als die Stadt zu einer offenen wurde, planiert worden ist, so finden wir hier alle Merkmale der Vitruvschen Angaben. Overbeck sagt über die Mauern Pompejis: „Betrachten wir den Grundriß der Mauer (Abb. 381), so finden wir zwischen der äußeren Mauer (Escarpe) a

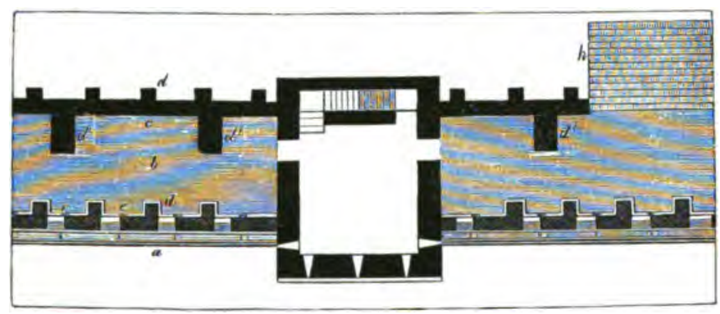


Abb. 381. Grundriß der Stadtmauer Pompejis.

und der innern (Contrescarpe) c, welche beide durch nach innen gelegte Strebepfeiler d verstärkt sind, den aufgeschütteten Wall (agger) b. Die Contrescarpe hat außer den nach der innern Seite des Agger vorspringenden Strebepfeilern d in größeren Intervallen auch noch solche, welche in den Agger eingreifen (d'), und welche auch diesem einen größeren Halt gegeben haben mögen.

Die äußere Mauer steht nach außen hin nicht ganz senkrecht, sondern ist nach oben um ein geringes (etwa 0,50 m) eingezogen. Diese äußere Mauer und der Erdwall in der Mitte ist, einige Abweichungen durch Unebenheiten des Terrains abgerechnet, im Mittel etwa 8—8,50 m hoch, letzterer zwischen der Brustwehr der vordern und der höhern hintern Mauer gemessen 5,20 m dick. Der Wall ist auf seiner obern Fläche ein wenig nach vorn geneigt, um dem Regenwasser einen Abfluß durch unter dem Zinnenkranz in Abständen von etwa 2,70 m angebrachte Ausgußrohre von Stein zu gewähren. Über diese Platten des Walles steigen die Brustwehren der vordern Mauer um 1,30 m empor, indem sie zwischen sich 0,80 m breite und ebenso tiefe Schießscharten zum Abschleudern der Wurfgeschosse lassen, von welchen aber mehrere vermauert oder nicht geöffnet sind. Sie springen, wie die Abbildung einer Innenansicht und der kleine Grundriß zeigt, auf der Höhe der Brustwehr im rechten Winkel nach innen um 0,95 m vor und bilden auf diese Weise von zwei Seiten einen festen steineren Schild des hinter ihnen stehenden Postens, der zum Wurfe seines Speeres sich nur auf einen Augenblick nach rechts vor die Öffnung (Schießscharte) zu bewegen hatte und gleich darauf wieder seinen Platz hinter der schützenden Wehr einnehmen konnte, die ihm gerade einen freien Blick auf die Angreifer gestattete. Über das Plateau des Walles erhebt sich nun die innere Mauer noch um 5,30 m, so daß diese die Gesamt-

Höhe von im Mittel 13 m erreichte, genügend, um jeden Wurf aus Ballisten oder anderen Maschinen abzuwehren." Über die Ausgestaltung der in der Mauer befindlichen

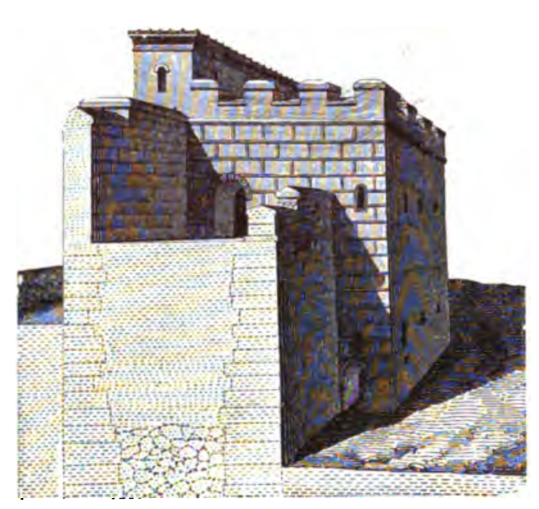


Abb. 382. Durchschnitt der Stadtmauer von Pompeji.



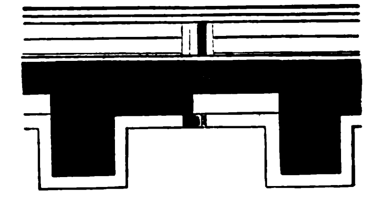


Abb. 383 u. 384. Die Brustwehr der Mauern von Pompeji.

Türme geben die Abb. 385—389 hinreichend Aufschluß; sie bedürfen wohl keiner weiteren Ausführungen.

Besondere Sorgfalt wendeten die Römer auf die Ausgestaltung der Tore, deren Oberteil insbesondere in späterer Zeit fast stets bogenförmig ausgestaltet wird, und

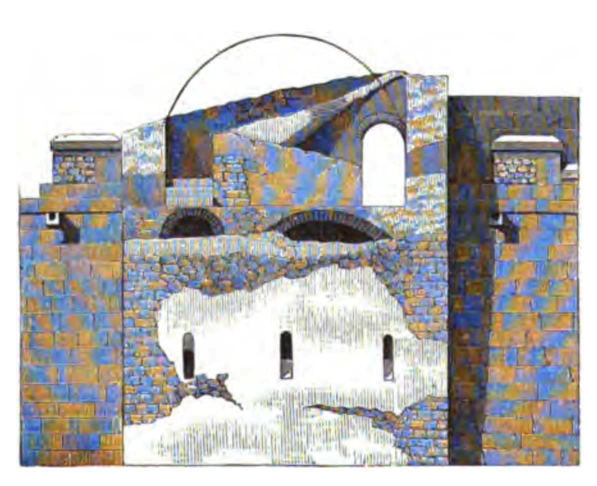




Abb. 385. Turm in der pompejianischen Stadtmauer Ansicht.

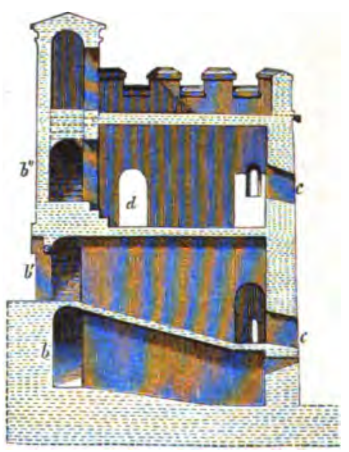


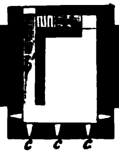
Abb. 386. Durchschnitt durch einen Turm der Stadtmauer von Pompeji (s. auch Abb. 387—389).

die oft mehrere Durchgänge erhalten, sowie teilweise zu monumentalen Bauwerken werden. Der Bogen selbst scheint ebenfalls aus dem Orient übernommen zu sein, wo er in Form bogenartiger Überdachungen von Straßenkreuzungen (tetrapyla) schon

im Altertum vorkam. Viele dieser Bogen gestatten ein Durchschreiten in allen vier Richtungen (quadrifons).

Seine höchste Ausbildung erhält aber das Befestigungstor bei den Römern dadurch, daß es zu einer Art von Befestigungsburg wird. Eines der typischsten Beispiele für eine derartige altrömische Torburg ist wohl die „Porta nigra“ in Trier. (Abb. 390 u. 391.) Ebenso wie bei den kleinen viereckigen, in gleicher Entfernung von einander stehenden Wachttürmen am Limes (Abb. 392, S. 302), die in ihrem unteren Teile dem Feinde gleichfalls nur die nackten Steinwände darboten, so daß er keinen Angriffspunkt fand, ist auch hier das Erdgeschoß ganz ohne Fenster. Über den davorliegenden, jetzt nicht mehr vorhandenen Graben führte eine Brücke gegen die beiden wiederum rundbogigen Tore. Der Angreifer, der sich ihnen näherte, konnte aus den darüberliegenden Doppelreihen von Fensteröffnungen sowie von den dreigeschossigen Flankierungstürmen aus kräftig beschossen werden. War es ihm aber gelungen, die Brücke zu nehmen, die durch starke Riegel verwahrten Tore sowie das dahinter befindliche Fallgatter zu sprengen, und stürmte er hierauf in dem Wahne, sich nun der Stadt bemächtigen zu können,





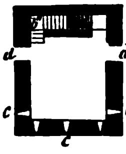


Abb. 387—389. Die drei Geschosse eines pompejianischen Mauerturms.

a Ausfalltor (durch Fallgatter verschließbar); b schief nach dem ersten Geschoß führende Gänge; b' und b'' Treppe zum zweiten Geschoß bzw. zur Plattform; cc Schießscharten; d Türen nach der Mauer bzw. dem Wall (s. auch Abb. 386).

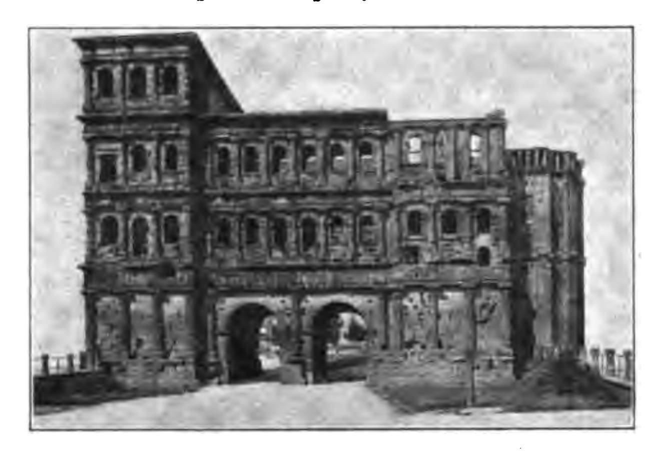


Abb. 390. Die Porta nigra in Trier. Ansicht von innen.



Abb. 391. Die Porta nigra in Trier. Ansicht von außen.



Abb. 392. Römischer Wachturm vom Limes: Modell auf der Saalburg.

in die Toröffnung hinein, so lauerte hier das Verderben. Die Angreifer kamen in einen Hof, dessen nach der Stadt führende Durchgänge geschlossen und verrammelt waren. Auf diesen Hof mündeten aber die Fenster der Torburg, aus denen der Verteidiger den Wurfspeer (pilum) in Massen auf sie schleudern konnte. Noch eine andere Eigenart römischer Befestigungstechnik zeigt uns Trier. Man hat hier das Amphitheater, also eine Stätte der Lust und der Vergnügungen, derart in den Ring der Mauern hineingebaut, daß es gleichfalls zu einem Mittel der Verteidigung wird. Dabei ging man in der Weise vor, daß man die Mauer nicht um das Amphitheater herumführte. Sie überbrückt vielmehr seine nördlichen Eingänge und zieht sich dann in einem gleichlaufenden Bogen um die der Stadt zugewandte Langseite der Arena herum. Ihre Grundmauern stehen in dem zur

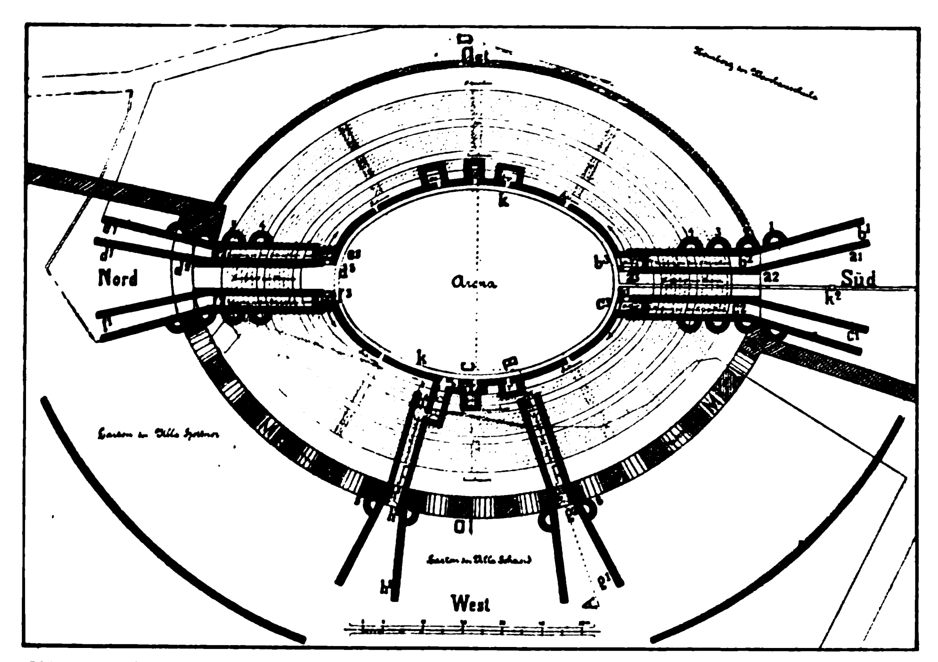


Abb. 393. Plan des Amphitheaters zu Trier. MMPP: Römische Stadtmauer. (P Pfeiler, M Bogen.)

Aufnahme der Sitzreihen künstlich aufgeschütteten Hügel. Ehe die Mauer an die Südseite der Arena kommt, biegt sie wieder in ihre alte Nordrichtung um. Der Zweck dieser Anlage ist klar. Die stark vertiefte Arena lag vor der Mauer, sie bildete einen gewaltigen Wallgraben, eine riesige Fallgrube, in der der Feind, wenn er in sie eingedrungen war, wirksam beschossen werden konnte. (Abb. 393.)

An verschiedenen Toren Pompejis, vor allem am Herkulaner-Tor, tritt uns die Gestalt der Torburg gleichfalls entgegen, wie aus der beistehenden Abb. 394 zu ersehen ist.

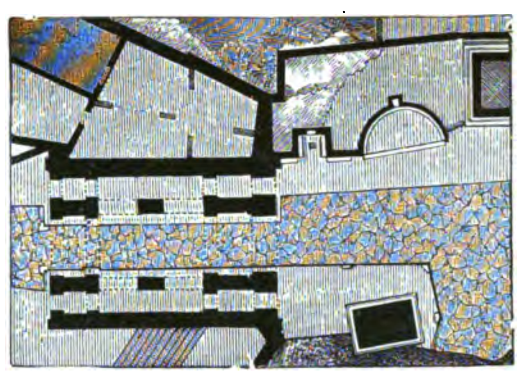


Abb. 394. Plan des Herkulaner Tors zu Pompeji.

Der mittlere Torweg ist als Doppeltor ausgebildet, dessen innerer Hof, wenn die Feinde eingedrungen waren, durch Fallgatter und gegen die für Fußgänger bestimmten Nebenwege durch Türen abgeschlossen und von den Wällen aus bestrichen werden konnte.

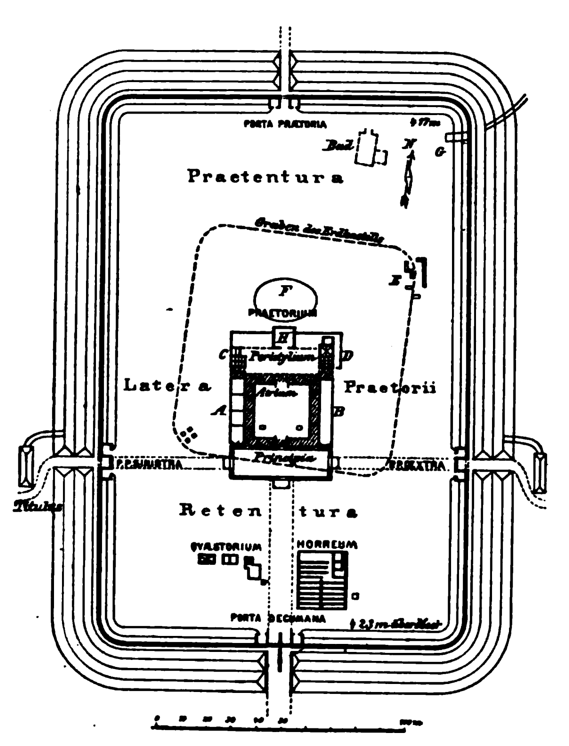


Abb. 395. Grundriß des Kastells Saalburg.
Auf dieser Abbildung der Graben des alten Erdkastells sowie die den Mauern vorgelagerten Doppelgräben, die Via sagularis usw.

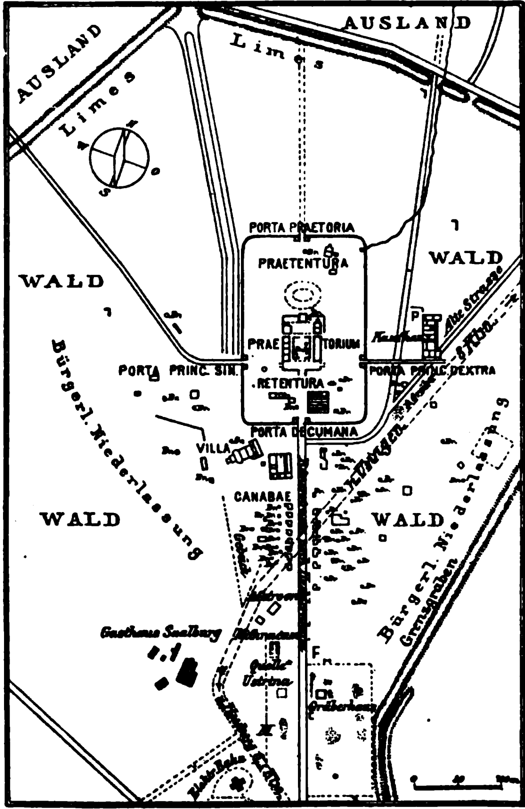


Abb. 396. Lageplan des Kastells Saalburg.

Auch die Feldlager, die Kastelle, zeigen bei sehr wechselnder Größe und bei der fast ständigen schematischen Form des Rechtecks mit abgerundeten Ecken alle die vorstehend behandelten Merkmale altrömischer Befestigungstechnik. (Abb. 395—400.) Die Umfassung besteht, wie vor allem die Saalburg sehr gut erkennen läßt, aus einer starken, mit Zinnen versehenen Mauer. Die Zinnen sind ebenso wie in Pompeji als Nischen ausgebildet. Innen am Wehrgang entlang zog sich eine gepflasterte Umgangsstraße, die via sagularis hin. (Abb. 397.) Vor der Wallmauer befindet sich, ebenso wie bei den Befestigungen Trojas, ein Umgang von etwa einem Meter Breite, vor dem zwei Gräben liegen, die den charakteristischen Querschnitt der römischen Spitzgräben zeigen. Gegen den Feind zu liegt dann noch ein Damm. Das Kastell hatte die bekannten zwei sich kreuzenden Hauptstraßen der römischen Ansiedlungen, vier rundbogige Tore, von denen die porta decumana als Doppeltor ausgebildet war. (Abb. 398 und 399.) Die Tore sind von niederen Türmen flankiert. Die Gräben sind an der Stelle der Tore teils unterbrochen, teils überbrückt. Seitentürme und Ecktürme sind nicht vorhanden. Der Doppelgraben war, ebenso wie der 540 km lange Limes, als Pfahlgraben ausgebildet. Seine Herstellung erfolgte in der Weise, daß man jeden Pfosten einzeln mit dem Schlägel eintrieb, nachdem man ihn zugespitzt und seine Spitze, um sie vor Fäulnis zu hüten, angekohlt, vielleicht auch mit Eisen beschlagen hatte. Die Pfähle hatten etwa Arm-



Abb. 397. Tor der Saalburg (Porta sinistra). Innenansicht und links davon Zinnennischen mit via sagularis.





Abb. 398 u. 399. Die Porta decumana der Saalburg. Außenansicht mit Brücke, Doppelgraben, Mauer mit Zinnen usw. Innenansicht mit Doppeltor usw.

dicke, wurden ungefähr 1 m tief eingeschlagen und durch ein Geflecht aus fingerdicken Holzruten faschinenartig durchschlungen. Auf der Innenseite wurden starke Streben angebracht, die die Faschinenwand stützten. Dann wurde in etwa einem halben Meter Abstand ein ungefähr 1 m tiefer Graben ausgehoben, wobei die Erde gegen die Faschinenwand geworfen wurde, die dadurch große Widerstandskraft gewann. Um die dicht an der feindlichen Grenze am Graben arbeitenden Soldaten zu schützen, wurden im innern Umkreise des Werkes durch Anschüttungen Auftritte für die Pfeilschützen sowie Schutzhütten für diese selbst hergestellt. Erst nach der Herstellung



Abb. 400. Doppelgraben (Spitzgräben) auf der Saalburg mit Mauer.

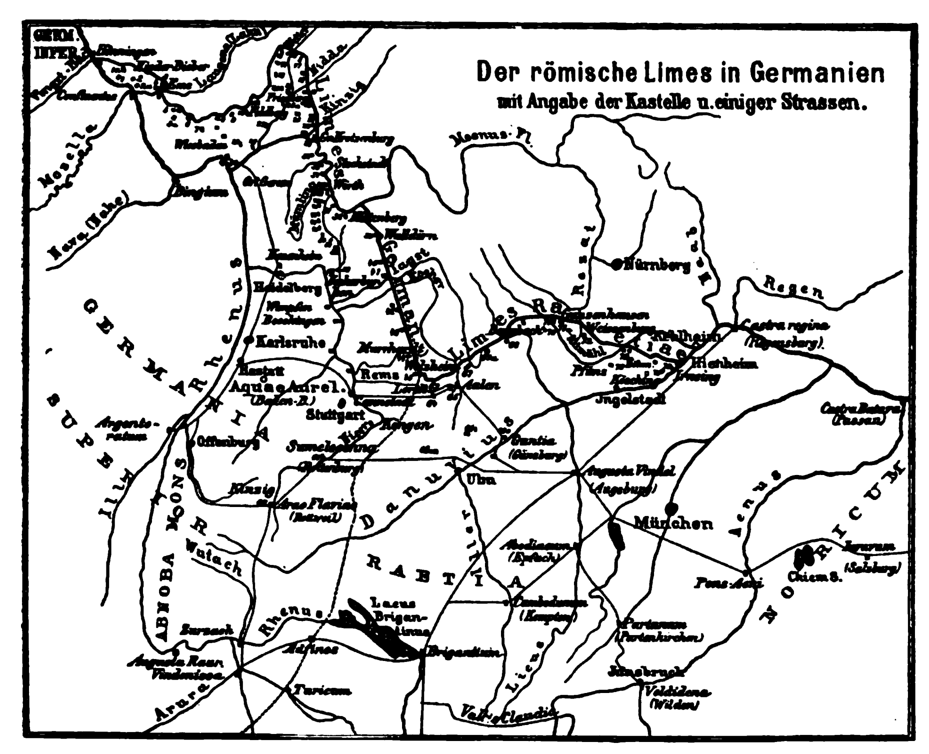


Abb. 401. Der Limes und die an ihm liegenden Kastelle.

des Grabens begann man dann mit der Aufführung der Mauer, die wie bei der Saalburg erst ein aus Erde, Rasen und Steinen bestehender Damm war, der durch drei Reihen unbearbeiteter, durch Querbalken verankerter Pfosten zusammengehalten wurde.

Dann errichtete man eine Holzmauer, bestehend aus Holzpfosten, deren Zwischenräume mit Flechtwerk und Holz geschlossen waren. Erst dann erfolgte der Bau einer Steinmauer in Form zweier Parallelmauern von je 80 cm Stärke, deren Zwischenraum mit Erde ausgefüllt wurde. Um sie gegen den Erddruck zu festigen, wurde sie mit Balken zusammengehalten. Auf der Brüstung war ein Wehrgang aus Flechtwerk angebracht. Zuletzt ging man an die Aufführung der jetzt wieder hergestellten Steinmauer sowie an die Verdoppelung des Grabens, der aber nicht mit Wasser gefüllt wurde. Er sollte nur den anstürmenden Feind aufhalten und seinen Zusammenhalt lockern.

Literatur zum Abschnitt „Befestigungen" siehe hinter dem Abschnitte: „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

Städtische Straßen und Plätze.

Die Städte des Altertums wiesen in bezug auf die Anlage ihrer Straßen und Plätze so ziemlich genau dieselben Züge auf. Meist hatte man eine oder auch mehrere Prachtstraßen, die gewöhnlich auch gepflastert waren, und an die sich dann die Nebenstraßen anreihten, die entweder schlechteres oder gar kein Pflaster hatten. Der Anfang der Pflasterung verliert sich im Dunkel der Vorzeit. Wo wir überhaupt auf Städte treffen, sei es nun bei den Babyloniern, bei den Ägyptern oder den Griechen, finden wir bereits Pflaster vor. Außer dem Pflaster wurde aber auch noch eine Art von Makadam verwendet, d. h. man stampfte kleingeschlagene Steine, den sogenannten „Kleinschlag", im Untergrunde fest. War dieser Schotter durch den Verkehr zu Staub zermahlen, so wurde von neuem aufgeschüttet. Man kann also wohl behaupten, daß so ziemlich alle Arten des Pflasters, die wir jetzt kennen, mit Ausnahme vielleicht des Holzpflasters, schon im Altertume Verwendung fanden, denn sogar Asphalt findet sich auf den Bürgersteigen Pompejis als Pflasterdecke. Das Steinpflaster war sowohl Kopfpflaster wie Plattenpflaster.

Auch das Einebnen eines ungleichmäßigen Straßenprofils durch Einfüllen von Schutt und Sand in die Unebenheiten und unter Umständen Feststampfen darin war bekannt. Ebenso kannte man auch die Wölbung der Straßendecke zu dem Zwecke, dem Regenwasser den Ablauf zu gestatten.

Die hohe Kultur des städtischen Straßenausbaues und der Straßenbautechnik scheint sich ebenso wie die Befestigungstechnik vom Orient oder von Kleinasien aus über die Welt verbreitet zu haben. Außer den Ausgrabungen zu Babylon, Ninive usw. usw. beweisen dies vor allem die Forschungen in Palmyra, der der Sage nach von König Salomo gegründeten Hauptstadt der syrischen Landschaft Palmyrene. Hier beweist das Prachttor (Abb. 402 S. 308), das den heutigen Anfang der Säulenstraße bildet, durch seinen dreieckigen Grundriß, daß man damals schon Knicke in den Straßenzügen monumental zu betonen verstand. An das Tor schließen sich die vier Säulenreihen der berühmten Säulenstraße an — eine Straßenart, die im Altertume häufig auftritt, und die wir in Alexandria, Antiochia, Seleukia, Ephesus, Gerasa usw. usw. wiederfinden. Von den Griechen ging die Säulenstraße auf die Römer über (Timgad, Lambaesis, Dugga, Tebessa). Die Säulenstraße Palmyras (Abb. 403 S. 309) bestand aus einem Fahrdamm von 11 m Breite und hatte zwei überdeckte Bürgersteige von 5½ m Breite. Ihre Länge betrug 1½ km, auf die 1500 Säulen verteilt waren, deren Höhe meist 17 m betrug. Noch heute zeigt eine aus einem einzigen Blocke bestehende Säule aus blaugesprenkeltem Granit von 11 m Länge die hohe Kunst der damaligen Steinbearbeitung. Von dem über den Bürger-

steigen befindlichen Umgang, dessen Vorhandensein übrigens von mancher Seite angezweifelt wird, konnte man auf das Leben und Treiben in der Straße hinabschauen.



Abb. 402. Prachttor in Palmyra.

Ein derartiges Vorbild mußte natürlich befruchtend wirken. Freilich gilt dies nur für die Prachtstraßen. (Abb. 405 S. 310.) Die Nebenstraßen sahen, weil die Privatgebäude

keine oder nur wenige Fenster nach der Straße zu hatten und auch in architektonischer Hinsicht fast überall keinerlei Ausgestaltung zeigten, öde aus. Wir wissen von ihnen im allgemeinen nicht viel. Die besten Beispiele der gewöhnlichen städtischen Verkehrsstraße des Altertums sind uns in Pompeji erhalten. Hier zeigten auch die Nebenstraßen einigen Schmuck der Häuserfronten und werden durch die im Erdgeschoß an-

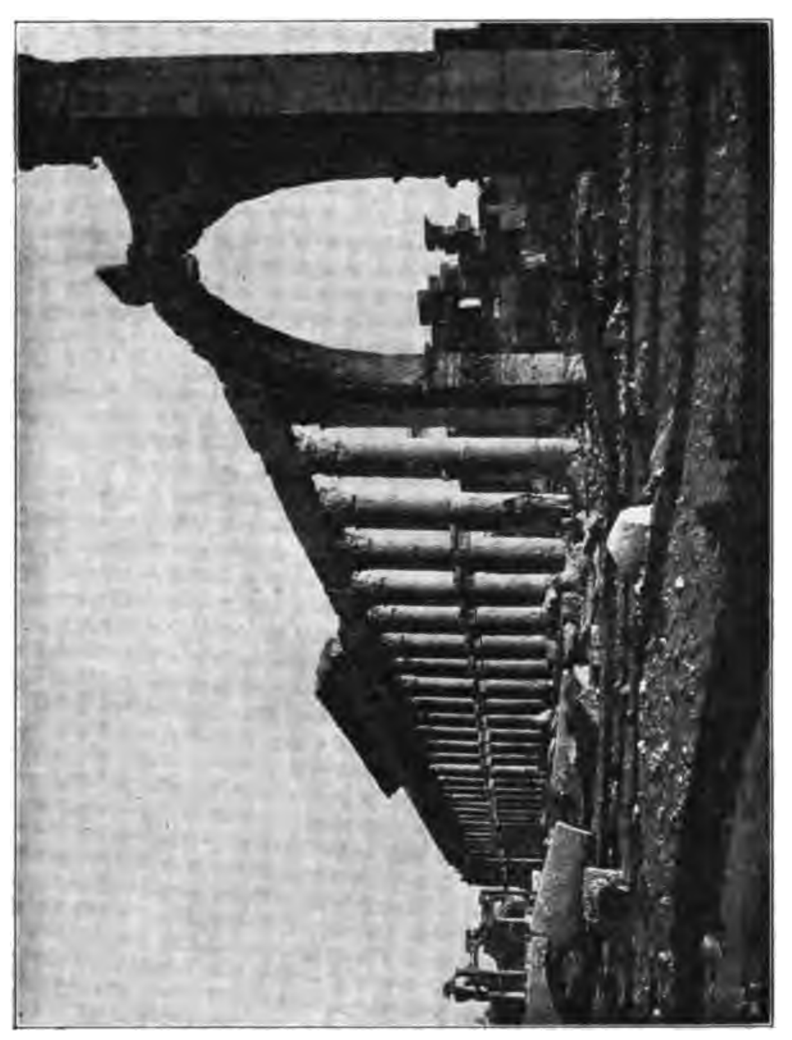


Abb. 403. Säulenstraße in Palmyra.

gebrachten Läden sowie durch Brunnen, kleine Kunstwerke, Malerei usw. usw. belebt. Die Straßen sind im allgemeinen eng, da man enge Straßen ihres Schattens wegen für gesunder hält (Tacitus Annal. XV 43). Die breiteste Straße Pompejis mißt von Haus zu Haus, also mit Einschluß des Bürgersteigs 7,70 m, viele Straßen sind nur 4 m, manche nur 2,50—3 m breit. Da sie mit Bürgersteigen versehen sind, so

wird die Fahrbahn oft so eng, daß man sich darin nicht ausweichen konnte. War ein Wagen in der Straße, so mußte der entgegenkommende warten, bis er wieder heraus-

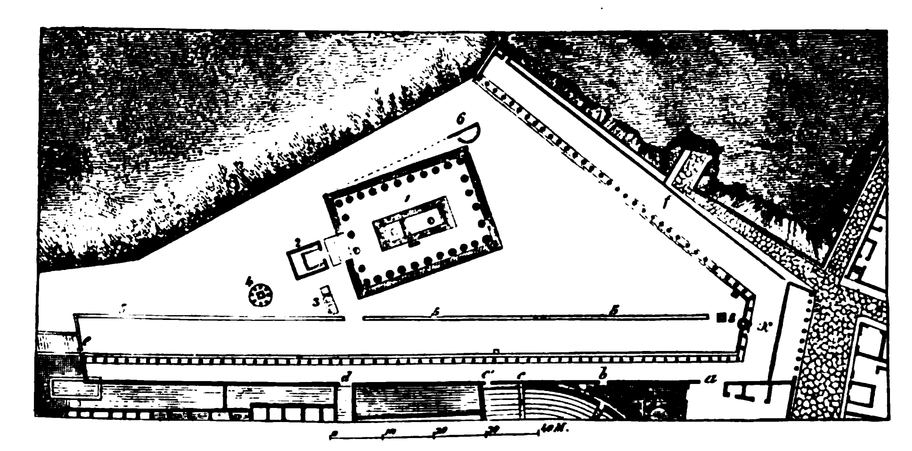


Abb. 404. Plan eines römischen Prachtplatzes: Forum triangulare zu Pompeji.
Man betrat den Platz durch Türen bei x und befand sich dann unter einem Säulengang von 5 m Breite und 200 m Länge, der drei Seiten des Platzes umschloß und von 100 Säulen gebildet wurde. Auf der vierten Seite ist die Aussicht frei.
1 griechischer Tempel, 2 Mauer des Brandaltars (?), 3 Altäre, 4 Brunnen (?), 5 niedrige Mauerschranken, die den Tempel abschlossen, ohne die Aussicht zu behindern, 6 Sitzplatz mit Sonnenuhr, 7 Abflußrinnen für das Regenwasser.



Abb. 405. Ansicht einer römischen Prachtstraße: Das Forum civile in Pompeji.

gefahren war. Viele Straßen waren für den Wagenverkehr überhaupt gesperrt. In diesem Falle standen an ihrem Eingange quer über den Fahrdamm einige höhere



Abb. 406. Ansicht einer pompejanischen Straße.
In der Mitte das Pflaster aus polygonen Lavaplatten, rechts und links erhöhte Bürgersteige mit Randsteinen (Hausteinen). In den Häusern Läden mit Ladentischen (links).

Steine oder es wurden höhere Blöcke in ihrer Längsrichtung ins Pflaster eingelassen. (Abb. 407.)

Die Straßen sind leicht gewölbt, das Pflasterungsmaterial besteht aus Lavablöcken. Da es sehr weich ist, so schleifen die Wagenräder allmählich Spuren hinein, die heute

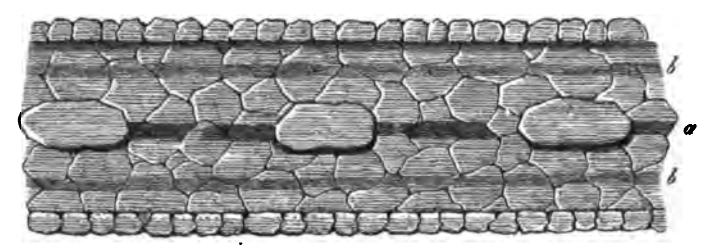


Abb. 407. Für den Fuhrverkehr gesperrte Straße (Strada del tempio di Augusto in Pompeji).
Das alte tief ausgefahrene Gleis a ist wahrscheinlich vor Anlage der Randsteine entstanden, die die Stelle der zweiten Wagenspur decken; gewisse Unregelmäßigkeiten der Spur lassen auch vermuten, daß die Steine früher an den Seiten lagen. Dann entstanden die Gleisspuren bb; schließlich wurde die Straße durch die in a liegenden höheren Steine für den Wagenverkehr gesperrt.

noch zu sehen sind. (Abb. 408 S. 312.) (Die Annahme, daß diese Spuren nach der Pflasterung künstlich hergestellt wurden, erscheint nicht berechtigt.) Man erkennt daraus, daß der damalige Abstand der Radkränze der Wagen 0,90 m betrug. Die zur Pflasterung dienenden Lavaplatten werden so aneinandergefügt, daß sie möglichst dicht zusammenschlossen. Der Pflastersetzer arbeitete sie zu diesem Zweck an den Kanten entsprechend

ab. Der Anschluß der Platten aneinander ist ein vorzüglicher, doch treten mit der Zeit Lockerungen ein, es brechen Ecken und Kanten ab. In diesem Falle wird das Pflaster durch Einfügen kleiner Steine und Eintreiben von kleinen Eisenkeilen wieder ausgebessert. (Abb. 409.) Die Bürgersteige sind mit Randsteinen eingefaßt. (Abb. 406, 408 und 411.) Zu ihrer Herstellung dienen Hausteine, die oft Durchbohrungen zeigen. In diesen Durchbohrungen wurden die Zeltbahnen festgebunden, durch die die Ladenbesitzer ihren Laden und die davor ausgelegten Waren vor den Strahlen der Sonne und dem Regen schützten. Größere Blöcke ragen auch — meist drei in einer Linie — aus dem Pflaster des Fahrdammes hervor. Sie sollen es den Fußgängern ermöglichen, bei heftigen Regengüssen trockenen Fußes über den Fahrdamm hinwegzukommen. (Abb. 408 und 410.) Der Bürgersteig wechselt in seiner Zusammensetzung, was daher kommt, daß ihn jeder Hausbesitzer, dem die Herstellung und Unterhaltung obliegt, ganz nach Belieben ausführen läßt.

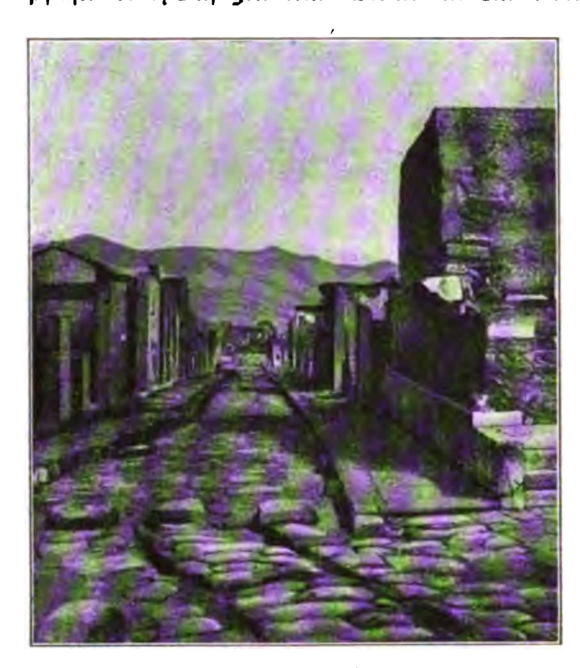


Abb. 408. Straße in Pompeji.
Im Vordergrund Wagenspuren, dahinter drei Blöcke im Pflaster, die Fußgängern das Überschreiten der Fahrbahn bei Regenwetter ermöglichen.

Auf festgestampfter Erde liegt eine Decke von Ziegeln oder von Ziegelmosaik (opus signinum), von Steinplatten, Marmor oder Asphalt. An den Straßenecken befinden sich Prellsteine, neben den Bürgersteigen sind Rinnsteine angebracht, in denen das

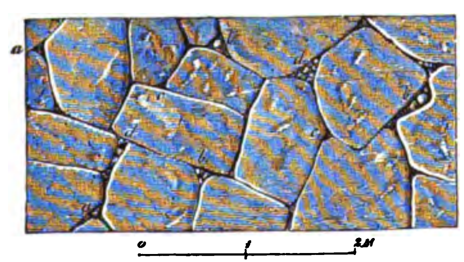


Abb. 409. Ausgebessertes Pflaster in Pompeji.
a Eisen; b Granit; ; c Marmor; d Kies.

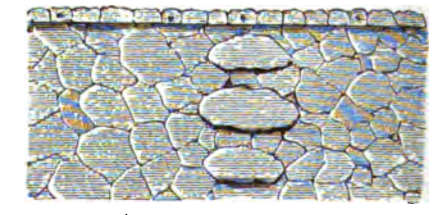


Abb. 410. Pflaster mit Trittsteinen für Fußgänger.

Regenwasser sich sammelt und in die Einlaßöffnungen der Kanale strömt, die es aus der Stadt wegführen. (Abb. 412 S. 313, 413, 414 und 415 S. 314.)



Abb. 411. Bürgersteig einer pompejanischen Straße. Unregelmäßige Randsteine, dahinter Laden mit Ladentisch, die Öffnungen zum Einstellen von Gefäßen enthält.

Die Ausstattung der Straßen war also eine in technischer Hinsicht vorzügliche und genügte den damaligen Verkehrsbedürfnissen vollkommen. Man muß immer bedenken, daß sich der Verkehr hauptsächlich zu Fuß abwickelte. Schwere Lastwagen durften außer in den ersten Morgenstunden überhaupt nicht durch die Straßen, ja sogar das Fahren war ungewöhnlich. Darum finden sich auch in keinem Hause Pompejis Stallungen, und es ist nur ein einziger Torweg mit Einfahrt aufgefunden worden. Sonst hindern überall die erhöhten Bürgersteige und die steinernen Stufen und Türschwellen eine Einfahrt von Wagen. Dies



Abb. 412. Straße in Pompeji mit Bürgersteig und Rinnstein zur Aufnahme des Regenwassers.

erklärt sich daraus, daß das Fahren als unbürgerlich galt. Sueton (Claud. 25) berichtet beiläufig vom Kaiser Claudius, daß er die Reisenden durch eine Verordnung erinnerte, sie dürften durch die Städte Italiens nicht anders passieren als zu Fuß oder in einer Sänfte oder einem Tragsessel.

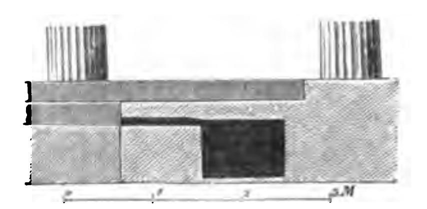


Abb. 413. Kanal am Forum zu Pompeji, durch den das Wasser vom Pflaster her abfloß.
Der Zufluß zum Hauptkanal geschah durch kleine Seitenkanäle (links)

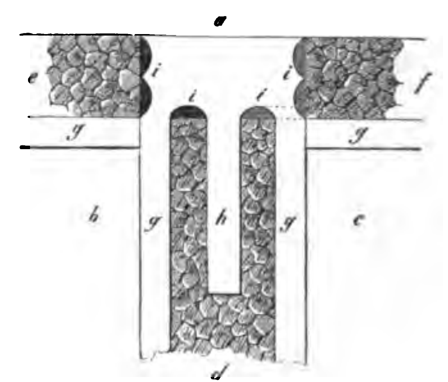


Abb. 414. Gossenanlage zur Abführung des Regenwassers in Pompeji.
a, b, c Häuser, d, e und f Straßen (d Straße der Fortuna). gg Bürgersteige, h ansteigende Rampe, unter der der Abflußkanal liegt; iiii sechs Einlaßöffnungen für das aus den drei Straßen kommende Regenwasser; diese Öffnungen stehen senkrecht zum Pflaster, über das sie sich erheben. (S. auch Abb. 415.)

Capitolinus (Marc. 23) sagt dasselbe von Mark Aurel: Er verbot in Städten zu fahren oder zu reiten, d. h. zu Pferde, denn zu Esel war es erlaubt. Man fuhr zum Vergnügen nur auf den Landstraßen, oder ritt außerhalb der Stadt.

Ebenso wie man für einen Abfluß des Regenwassers sorgte, so mußte auch der Unrat des Hauses, der Müll, sowie der Abfall aus den Werkstätten vor die Stadt nach den besonders dazu bestimmten Plätzen geschafft werdnen. Man hat derartige κοπρίαι oder κοπρῶνες sowohl bei Alexandria wie bei Arsinoe, Altkairo usw. gefunden. Auch sonst trug man der Hygiene nach besten Kräften Rechnung, wobei unter „Hygiene" allerdings eine im damaligen Sinne zu verstehen ist. So fordert z. B. Vitruv (16), daß man bei der Anlage von Städten die Winde möglichst ausschließen solle, da diese, wenn sie kalt sind, unangenehm berühren und, wenn sie warm sind, krank machen. Er gibt dann für den inneren Ausbau der Stadt des weiteren an, daß man nach dem Verteilen der Gassen und Abstecken der Straßen die Auswahl der Bauplätze für die Tempel, den Marktplatz und die übrigen gemeinsamen Zwecken gewidmeten Orte vorzunehmen habe. Für die verschiedenen Gottheiten sind Tempel zu errichten, ebenso Gymnasium, Amphitheater usw. usw. Die Größe der Plätze muß der Volksmenge entsprechen; der Hauptplatz, das forum civile, soll ein Verhältnis der Länge zur Breite von 3 zu 2 aufweisen. Die Basiliken sind an einen warmen Platz zu stellen, damit die im Winter darin verkehrenden Kaufleute nicht frieren. Gärtnerischen Schmuck der Plätze scheint



Abb. 415. Abflußöffnungen für das Regenwasser in einer pompejanischen Straße.

man im Altertum nur wenig gekannt zu haben, wie er ja auch jetzt noch in südlicheren Ländern nicht üblich ist. Für die Schöpfungen der dortigen Architektur passen auch keine grünen Rasenplätze und Gebüsche, die die Platzwirkung nur stören.

Literatur zum Abschnitt: „Städtische Straßen und Plätze" siehe hinter dem Abschnitte „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

Die Häuser.

Das Haus im Orient.

Über das Aussehen, den Grundriß und die innere Ausgestaltung des Wohnhauses der alten Völker des Orients sind wir in keiner Weise unterrichtet. Die vielfachen Ausgrabungen, die uns über die Monumentalbauten, die Kunst sowie über viele Zweige der Technik dieser Völkerschaften so wertvolle Aufschlüsse gebracht haben, vermochten nicht, uns über die Technik der Hausanlage aufzuklären. Daran mag vielleicht auch der Umstand schuld sein, daß man die Ergebnisse aller Forschungen und Ausgrabungen in erster Linie nach ihrer Bedeutung für die Kunstgeschichte würdigte. Der Technik erschließt sich gerade hier noch ein sehr großes und ausgedehntes Forschungsgebiet, dessen überhaupt noch nicht in Angriff genommene Bearbeitung sicherlich viele Jahrzehnte in Anspruch nehmen dürfte. Soweit sich bis jetzt überhaupt ein Urteil abgeben läßt, ist auch im Orient, insbesondere in Mesopotamien, das Wohnhaus aus dem Nomadenzelte hervorgegangen. Es dürfte in seiner ursprünglichsten Form vielleicht ein viereckiger oder runder Raum gewesen sein, der von einem Fell oder einer Matte überdeckt war. In der Mitte dieser primitiven Bedachung befand sich eine Öffnung, durch die Licht ins Innere drang und der Rauch des Herdfeuers abzog. Dann hat sich allmählich eine Einteilung herausgebildet, indem man zunächst wahrscheinlich das Vieh, mit dem man zusammen hauste, von dem eigentlichen Wohnraum abtrennte. Gewisse Anzeichen sprechen auch dafür, daß man ursprünglich Behausungen an Felswände anlehnte. Alles dies sind aber nur Vermutungen, die sich auf die ersten und primitivsten Wohnstätten beziehen. Wie das aus ihnen entstandene Wohnhaus der orientalischen Völker aussah, wissen wir nicht.

Das ägyptische Haus.

Etwas besser sind wir über die Wohnhäuser im alten Ägypten unterrichtet, obschon auch hier unsere Kenntnisse noch ziemliche Mängel aufweisen. In Form von Grabbeigaben sind uns einige Modelle altägyptischer Wohnhäuser erhalten geblieben. Dann gibt es auf Gemälden Darstellungen von Wohnbauten, und endlich geben noch einzelne Funde weitere Aufschlüsse. Die eben erwähnten Darstellungen von Wohnbauten sind eine Vereinigung von technischem Grundplan mit Zeichnungen des Inhalts der einzelnen Räume, wobei dieser letztere in besonders eingehender Weise betont ist. Infolge dieser merkwürdigen Art der Schilderung und der eigenartigen Wiedergabe von Türen und sonstigen Bauteilen ist es ziemlich schwer, sich ein Bild

vom Grundplan eines derartigen altägyptischen Hauses zu machen. Aber immerhin hat man versucht, solche altägyptische Darstellungen in die Form eines unserer heutigen technischen Hauspläne umzuzeichnen, die uns dann Schlüsse auf die vermutliche Raumeinteilung größerer Häuser ermöglichen. Es handelt sich bei diesen Bildern immer nur um die großen Wohngebäude der Reichen oder hohen Würdenträger. Das Haus des kleineren Mannes müssen wir nach den erhaltenen Modellen und sonstigen Anhaltspunkten zu beurteilen suchen.

Die in den verschiedenen Museen erhaltenen Modelle lassen einen viereckigen Hof erkennen, der von einer Mauer umschlossen ist, und an dessen einer Längsseite sich das Haus erhebt, dessen Grundriß ein langes schmales Rechteck darstellt. Es zeigt also bei ziemlicher Breite eine nur geringe Tiefe. Vom Hofe her führt eine Treppe auf das flache Hausdach, das sich scheinbar direkt über dem einzigen Geschosse des Hauses, also dem Erdgeschoß, ausbreitet. Das Dach ist von einer Brüstung umgeben, die nach außen zu höher ist als gegen den Hof, so daß man also von hier aus bequem die verschiedenartigsten Dinge in den Hof hinabreichen oder hinabwerfen konnte. An der einen Seite des Daches erhebt sich eine schmale, nach der Dachterrasse zu offene Kabine, die vielleicht als eine Art von Laube oder Dachhäuschen diente, wo man geschützt vor den Strahlen der Sonne sitzen, auf die Landschaft hinaussehen oder auch die Arbeit im Hofe überwachen konnte. Im Erdgeschosse sind drei Räume zu erkennen, die wohl die eigentlichen Wohnräume darstellen. Wenn sie bei dem Modell des Britischen Museums mit Getreidekörnern gefüllt waren, so berechtigt dies noch nicht zu dem Schlusse, daß sie auch bei den ägyptischen Häusern vollkommen mit Getreide angefüllt wurden. Das Modell ist eben eine spielzeugartige Nachahmung im Kleinen, wie wir sie ja auch als Sparbüchsen und als Nippsachen zum Aufbewahren aller möglichen Dinge verwenden.

In Abydos hat man dann Grundrisse von Häusern aufgedeckt, die sehr weitgehende Verschiedenheiten aufweisen. Bei manchen zieht sich durch das Haus ein langer schmaler Korridor, an den sich zu beiden Seiten Zimmer anschließen. Bei einem andern Hause liegen die Zimmer um die vier Seiten eines offenen Hofes herum, in den ihre Türen münden. Einzelne Zimmer waren als Säulensäle ausgebildet. Sehr weitgehende Schlüsse lassen sich aus diesen Grundrissen jedoch nicht ziehen, da nicht zweifelfrei feststeht, ob nicht einzelne ihrer Teile aus späterer Zeit stammen. Größere Häuser, deren Darstellung wir auf den Gräberreliefs finden, zeigen eine oft beträchtliche Anzahl von Zimmern. Vom Eingang aus, neben dem sich das Gelaß des Türhüters befindet, führt in der Regel ein längerer Gang nach einem Hofe, der entweder an einer oder an mehreren Seiten als Säulenhalle ausgebildet ist. Manche Häuser haben eine Anzahl von Höfen und sehr große saalartige Gemächer, die vielleicht Säulenhallen waren. Eine besondere Eigenart des ägyptischen Wohnhauses, dessen Grundriß stets ein viereckiger gewesen zu sein scheint, dürfte darin bestanden haben, daß der Grundriß ein Quadrat oder ein fast quadratisches Rechteck darstellt. Langgestreckte Wohnhäuser scheint man, wenigstens bei größeren Gebäuden, nicht angelegt zu haben. Hierdurch unterscheidet sich das altägyptische Wohnhaus in weitgehendem Maße vom griechischen, das sich fast stets beträchtlich nach der Längsrichtung erstreckt. Im übrigen aber war es auch damals in Ägypten scheinbar schon so wie jetzt bei uns: Jeder ließ sich eben sein Haus so bauen, wie es seinen Vermögensverhältnissen, seinen Bedürfnissen und seinem Geschmack entsprach. Einen einheitlichen Grundzug werden deshalb die altägyptischen Wohnstätten wohl ebensowenig gehabt haben wie die unsrigen, wenigstens nicht, soweit die Raumeinteilung in Betracht kommt. Ebenso

war natürlich auch die Anlage von Gärten, die sich an manche altägyptischen Häuser anschlossen, Sache der Liebhaberei. Anders bei der Außenseite! Diese ähnelte sich wohl bei fast allen Häusern, ganz gleich, ob sie armen oder reichen Leuten gehörten. Die Häuser waren meist niedrig und zeigen nur ein Erdgeschoß, über dem sich wohl, und zwar auf dem flachen Dache, einzelne erhöhte Aufbauten erheben mochten. Fenster waren nur sehr wenige vorhanden. Meist wird wohl auch nur eine ins Freie führende Tür vorgesehen gewesen sein, die von einer mehr oder minder reichen Einfassung gegen die Mauer abgegrenzt war. Diese Einfassung sowie die der Fenster bildeten im Verein mit dem bekannten Hohlkehlenhauptgesims den einzigen Schmuck der im übrigen schmucklosen Häuserfront. Die kleineren Häuser waren gewöhnlich zusammengebaut, so daß die Straßen fortlaufende Reihen bildeten. Größere Häuser dürften häufig allein oder in Gärten gestanden haben. Der Hof war wahrscheinlich gepflastert. Er enthielt wohl einige Räume, einen Brunnen oder einen Springbrunnen. Kleinere Anwesen standen um einen gemeinsamen Hof herum. Vor dem Haupteingange größerer Häuser war zuweilen ein Vorbau angebracht, dessen Dach von Säulen getragen wurde, bei Palästen befanden sich neben dem Haustore, das als Einfahrt für Wagen diente, kleinere Tore für Fußgänger. Die Tore waren mit Türen verschlossen, die sämtlich mit Drehzapfen versehen waren. Die Zapfen liefen in den in der Ober- und Unterschwelle der Tür angebrachten Lagern. Die Drehzapfen wurden bei Bronzetüren mit der Tür zusammen durch Guß hergestellt. (Siehe S. 57 Abb. 62.) Sonst wurde an der Tür ein Bronzeschuh angenagelt, der in den Zapfen auslief. Der Verschluß der Tür geschah durch Verriegelung sowie auch durch Schlösser, die mit Schlüsseln verschlossen wurden und auf deren technische Entwicklung wir noch weiter unten eingehend zurückkommen werden.

Das griechische Haus.

Auch das griechische Haus ist aus den Hütten hervorgegangen, in denen sich das vorher nomadisierende Volk am Fuße der Hügel ansiedelte, die die Burg trugen. Es ist anzunehmen, daß diese Hütten zunächst rund waren. Aber schon in sehr früher Zeit machte sich der Einfluß der Palastbauten auf den Grundriß geltend. Dieser, der insbesondere von den mykenischen Palastbauten übernommen worden zu sein scheint, wird viereckig und langgestreckt. Im fünften Jahrhundert v. Chr. war das athenische Bürgerhaus, das sich aus diesem Grundriß aufbaute, äußerst einfach. Es bestand aus einem kleinen Hof, an den der Hauptraum anstieß, und um den sich wieder einige kleinere Gemächer herumlegten. Daß das Haus so lange diese weitgehende Einfachheit aufweist, liegt daran, daß sich das Leben im alten Griechenland in der Öffentlichkeit abspielte. Man arbeitete auf den Straßen und besuchte den Markt oder die Gerichtssäle: das Haus betrat man nur verhältnismäßig selten. Es diente zum Schlafen, zur Bereitung der Speisen und zur Aufbewahrung der Vorräte. Eine Stätte des Behagens, der Arbeit, der Geschäfte und der Geselligkeit war es nicht. Infolgedessen war auch der Hausrat nur sehr dürftig und beschränkte sich auf das Notwendigste. Dies ändert sich im vierten Jahrhundert v. Chr., wo sich bereits Demosthenes (383—322 v. Chr.) darüber beklagt, daß die gute alte Zeit vorbei sei, in der nur die Tempel und Staatsgebäude prächtig waren, während sich die Wohnhäuser eines Themistokles, Miltiades und Aristides in keiner Weise von den Nachbarhäusern unterschieden. Die zu der genannten Zeit einsetzende Entwicklung läßt sich deutlich ver-

folgen. Im älteren Wohnhause zu Priene aus dem 4. Jahrhundert v. Chr. treffen wir noch dieselben Teile wie im Palast von Tiryns, von dem es sich ableitet. Wie dort, treten wir durch die Türe der den Hausbau umschließenden Mauer nicht in das Haus selbst, sondern in den großen Hof. Wir stehen dann gegenüber dem Hauptgebäude, dem Megaron, das in seinem vorderen Teile durch eine Vorhalle und die sie stützenden



Abb. 416. Altgriechisches Haus in Priene aus dem 2. Jahrhundert v. Chr.
Rekonstruktion von Thiersch nach den Ausgrabungen von H. Schrader und Th. Wiegand.
Modell im Deutschen Museum zu München.

Säulen ein tempelartiges Aussehen erhält. Die Tempelfassade wird durch zwei Anten, zwei dazwischenstehende Säulen, den darüberliegenden Fries und Giebel gebildet. Durch diese Vorhalle gelangt man zu dem größten Gemache des Hauses, in dem sich — ebenso wie in dem Palaste von Tiryns — der Herd, der Mittelpunkt des häuslichen Lebens, befindet. Auf der einen Seite des Megarons und des Hofes zieht sich ein

Korridor entlang, der, soweit er dem Hofe zugewendet ist, von einem durch Säulen getragenen Dache beschattet wird. Ihm gegenüber, an der anderen Hofseite, befinden sich Zimmer, die als Schlafräume, Gesindestuben usw. dienen. Auch neben der Tür, die von der Straße her in den Hof führt, befindet sich noch ein überdachtes Gebäude, in dem wohl Gerätschaften, Wagen usw. aufbewahrt wurden.

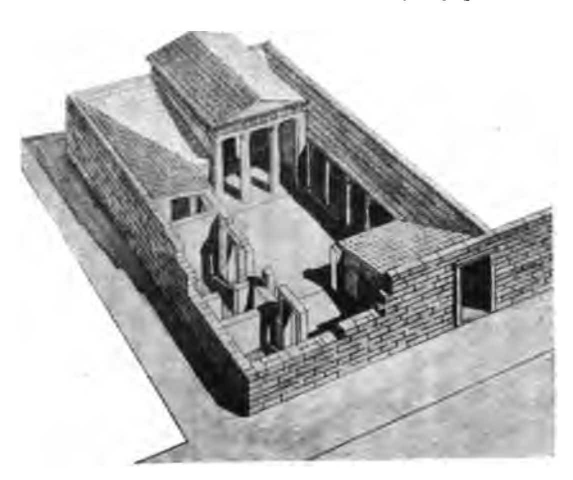


Abb. 417. Altgriechisches Wohnhaus in Priene aus dem 4. Jahrhundert v. Chr.
Nach einer Darstellung im Deutschen Museum zu München.

Im Laufe der Entwicklung wird dann aus diesem Haus ein luxuriöseres, das Peristylhaus. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß die nach dem Hofe zu geöffnete Halle, die Prostas, wegfällt, und daß nunmehr um den ganzen Hof eine Säulenhalle herumläuft. Zwischen dem reinen Prostashaus und dem reinen Peristylhause gibt es natürlich Übergänge, also Häuser, bei denen die Prostas noch eingehalten ist, während der Hof bereits die Begrenzung durch eine Säulenhalle zeigt. (Abb. 418.) Da in Griechenland die Sonne um die Mittagszeit ziemlich hoch steht und ihre Strahlen, wenn auch nicht senkrecht, so doch mit einer dem senkrechten Sonnenstande nahezu entsprechenden Wirkung hinabsendet, so trug man diesem Umstande bei der Anlage des Prostashauses sowohl wie des Peristylhauses Rechnung. Die Prostas öffnet sich immer nach Süden, ebenso wie die später an ihre Stelle tretende Säulenhalle. Beide schieben sich zwischen den heißen sonnigen Hof und den Hauptraum des Hauses, den Oikos, ein, der weit zurück im Schatten liegt und gegen die Glut noch durch eine Tür abgesperrt werden kann. Das Innere des Oikos war mit Marmorplatten getäfelt oder mit Marmorstuck belegt, der oben durch ein Bort abgeschlossen war. Auf diesem Bort wurden Hausrat, Götterbilder, kleine Kunstwerke usw. aufgestellt. Der obere Teil der Wand, insbesondere der Fries, war bemalt, der Hof war gepflastert oder mit Mosaik ausgelegt. Die Malerei ahmte entweder Verkleidung der Wand mit farbigem Marmor nach, oder man malte Architekturteile darauf, die perspektivisch so gehalten waren, daß sie Konsolen usw. vortäuschten. Später kommt dann figürlicher Schmuck auf.

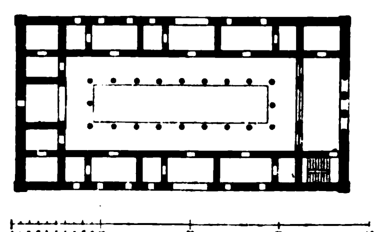


Abb. 418. Sogen. „Haus der Hyrkanos" mit Säulenhof.

Aber ebenso wie in bezug auf die Malerei wird man auch in bezug auf die Ausgestaltung des Hauses immer luxuriöser. Man baut auf das Megaron und später auch auf andere, den Hof umkleidende Teile des Hauses weitere Stockwerke auf. Vereinzelt scheint dies auch schon in sehr früher Zeit der Fall gewesen zu sein, wenigstens

hat man bei den Ausgrabungen im Palast des Minos zu Knossos auf Kreta im Saale der oberen Terrasse ein großes Mosaik gefunden, auf dem etwa vierzig Häuser dargestellt sind, die, wie man deutlich erkennen kann, teils aus Holz, teils aus Stein bestehen. Darunter sind solche von drei Stockwerken, an denen Fenster mit vier Scheiben zu erkennen sind. Vielleicht handelt es sich um Paläste, vielleicht um Ausnahmen, denn im allgemeinen taucht das mehrstöckige Haus erst später auf. Im 2. Jahrh. v. Chr. kommt es jedoch schon ziemlich häufig vor. Hier liegt dann über der Prostas bzw. dem an ihre Stelle getretenen Teile des Peristyls eine Loggia, die sich zwischen Säulen gegen den Hof zu öffnet. (Abb. 416 S. 319.) Der obere Stock diente als Frauengemach. Dann aber verband man auch, als man die Häuser überhaupt vergrößerte, zwei Häuser zu einem einzigen und erhielt so einen großen Gebäudekomplex mit Läden, die gegen die Straße zu gelegen waren, Nutzräumen, die sich an den beiden Längsseiten des Hofes hinzogen, und den eigentlichen, gegenüber dem Eingang in den Hof gelegenen Wohnräumen. Bei diesen sind ein gemeinsamer Familienraum, ferner das Männergemach, die Andronitis, die meist nach rückwärts oder im Obergeschosse gelegene Frauenwohnung, die Gynäkotis, Arbeitsräume für die Mägde usw. usw. zu unterscheiden. Im übrigen geht schon aus den Angaben der Odyssee (XXI 381) über das homerische Haus, dessen Ausgestaltung und Einrichtung im Laufe der Zeiten Gegenstand einer umfangreichen Literatur geworden ist, hervor, daß schon damals hinter dem Megaron der Arbeitsraum für die Mägde sich anschloß. Auch damals schon war, wie sich aus den Angaben Homers des weiteren schließen läßt, über dem Erdgeschoß ein Obergeschoß, das als Frauenwohnung diente. Diese Tatsachen sowie der Umstand, daß das Megaron durch zwei Fenster (ὀπαί) erleuchtet wurde (Odyssee I 320), stehen fest. Ob nun, wie vielfach angenommen wird, die Hintergemächer in drei Teile oder nur in zwei zerfielen, oder ob das Megaron eine oder zwei nach diesen Gemächern führende Türen hatte, ist ein für die technische Ausbildung der wesentlichen Grundrißteile des altgriechischen Hauses so nebensächlicher Punkt, daß er hier außer Betracht bleiben kann.

Das römische Haus.

Wenn auch die Häuser Pompejis vielfach Anklänge an die eben beschriebenen altgriechischen Häuser aufweisen und wenn auch zwischen den Häusern von Priene, Thera, Delos und Pergamon einerseits und den pompejanischen andererseits mancherlei Beziehungen nachweisbar sind, so handelt es sich bei den letzteren doch lediglich um eine in späterer Zeit stattgehabte Beeinflussung des italienischen Hausbaus durch den griechischen. Das ursprüngliche italienische Haus hat mit dem ursprünglichen griechischen nichts gemein. Es unterscheidet sich von ihm sogar in wesentlichen Grundzügen. Schon das homerische Haus zeigt eine ganz besondere Eigenart des griechischen: das Haus war eine Art von Festung. Seine Gebäude legten sich um einen Hof herum und waren zusammen mit diesem durch eine gemeinsame Mauer umschlossen, die das ganze Anwesen umzog und schützte. War der Grieche zu Haus, so war er von der Außenwelt vollkommen abgeschlossen. Die Fenster waren Licht- und nicht Schauöffnungen. Anders beim italienischen Hause. Wie sich das griechische entwickelt hat, wissen wir nicht. Soweit wir uns nicht auf Homer usw. stützen können, sind uns die Häuser selbst erst aus der Zeit nach Alexander dem Großen bekannt. Beim italienischen Hause können wir die Entwicklung zwar gleichfalls nicht bis an

ihre Uranfänge zurück verfolgen, wir wissen jedoch, daß man dort in alten Zeiten schon anders wohnte als bei den Griechen. Das griechische Haus stand für sich, die römischen Häuser hatten schon in sehr früher Zeit parietes communes, d. h. sie waren zusammengebaut. Da nun der Regen, der sich an den Zwischenwänden ansammelte, diese und das zu ihrer Herstellung verwendete Gebälk verdarb, so hatte jedes Haus für einen Ablauf des Regenwassers zu sorgen. Dies führte dazu, daß man schon früher auf dem Dach eine Art von Trichter anbrachte, durch den das Regenwasser in das Innere des Hauses hineinlief, wo man es in einem gesonderten Bassin auffing. Diese Maßregel hat dem römischen Hause, das seine Entstehung den Etruskern verdankt, seine charakteristische Form gegeben. Die Diele, das Atrium, um die herum sich die verschiedenen Räume gruppieren, ist vollkommen überdacht. Das Dach hat oben eine trichterförmige Öffnung (compluvium), durch die das Regenwasser in das Atrium hineinläuft. Hier wird es in einem Bassin (impluvium) aufgefangen und von da aus meist nach einer Zisterne geleitet, von wo man es zum häuslichen Gebrauch entnahm. Während also beim griechischen Hause sich alle Räume um den Hof gruppieren, der nicht überdacht ist, zeigt das ursprüngliche römische Haus eine überdachte und mit einem Regentrichter versehene Diele, um die die übrigen Räume herumliegen. Unter diesen Räumen ist der wichtigste das Zimmer des Herrn, das Tablinum, das direkt an das Atrium grenzt. Die Vorhalle, die für das wichtigste Gemach des griechischen Hauses, das Megaron, charakteristisch ist, fehlt vollkommen. Die dem Tablinum gegenüberliegende Haustür (ianua) führt den von außen kommenden Besucher zunächst in einen Gang, der wieder direkt an die Diele grenzt. Da die parietes communes schon frühe die Straßenbildung begünstigten, und da man die Straße zum Abschlusse von Handelsgeschäften zu benutzen pflegte, so entstehen — gleichfalls sehr früh — zu beiden Seiten der Haustür und des hinter ihr liegenden

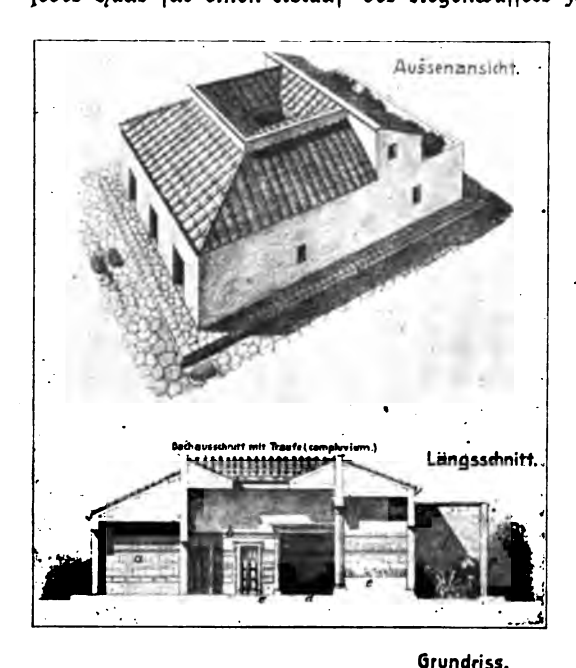


Abb. 419. Älteste bekannte Form des römischen Hauses.
Nach einer Darstellung im Deutschen Museum zu München.

Ganges Läden. Sie haben in der Regel weiter keine Verbindung mit dem Haus und sind nur von der Straße aus zugänglich. Um das Atrium herum gruppieren sich dann noch die anderen Räume. Im Atrium selbst steht hinter dem Impluvium der Herd (puteus), der dem Atrium seinen Namen gegeben hat. Er verräucherte nämlich die ganze Diele und bewirkte dadurch ihr schwarzes Aussehen. „Ater" aber bedeutet im Lateinischen schwarz, dunkel. (Abb. 419.)

Aus dieser ursprünglichen Form des römischen Hauses hat sich dann durch Einflüsse der verschiedensten Art, insbesondere griechische, im Laufe der Zeiten ein neuer Haustyp herausgebildet, der eine Kombination von italischem und griechischem Hause darstellt. Eigentlich sind es zwei Häuser, vorn ein römisches mit Compluvium, Atrium und Tablinum, bei dem der hinter der Haustüre befindliche Gang durch Einrücken der Tür verkleinert wird. Infolgedessen entsteht vor der Tür noch ein äußerer Hausflur, ein Vorflur, das Vestibulum. An dieses römische Haus schließt sich hinten das griechische an, gekennzeichnet vor allem durch den Säulenhof. Da man auch hier wie in Griechenland zwei Häuser zu einem vereinigte, so ergibt sich die Einteilung in Männergemächer und Frauengemächer von selbst. Im griechischen Haus, im Säulenhaus, befinden sich die Gemächer der Frau. Beide Häuser werden dann von einer gemeinsamen Mauer umschlossen, die nach außen hin nur sehr wenige und kleine Fensteröffnungen zeigt. Die Innenräume erhalten ihr Licht vom Hofe her; der Abschluß nach außen ist wie beim griechischen Hause vollkommen durch die Mauer erreicht; die Läden stören diesen Abschluß nicht, fallen aber trotzdem oft weg. (Abb. 420.)

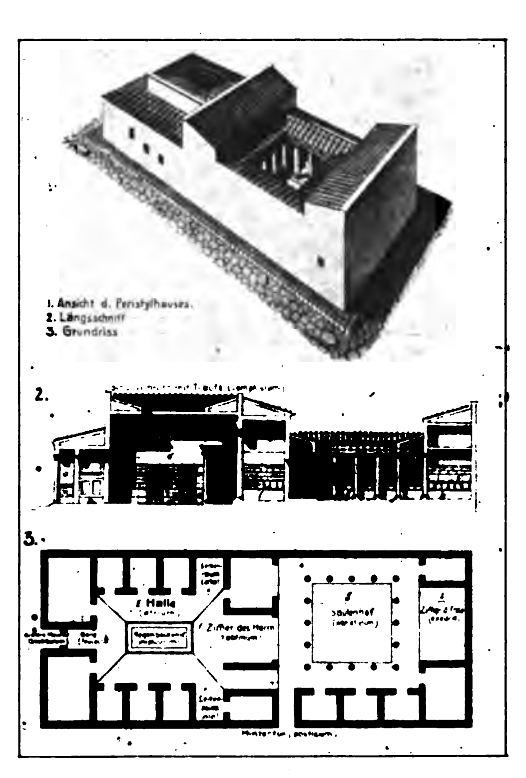


Abb. 420. Römisches Haus mit Säulenhof (Peristylhaus). Nach einer Darstellung im Deutschen Museum zu München.

Der Umstand, daß das Licht nicht durch Fenster, sondern vom Hofe her oder durch das Compluvium kommt, bedingt, daß man die Wandmalereien (Abb. 421 S. 324) in grellen Farben ausführen muß, um sie besser erkennen zu können. Die Dächer des Peristyls halten gerade das beste von oben kommende Licht ab. Das Licht, das auf die Bilder trifft, ist zum großen Teil von den Platten des Hofraums oder des Atriums reflektiert. Die Malereien, die in den höheren, durch Fenster beleuchteten Stockwerken unserer Häuser zu grell wirken würden, sind für die eigenartigen Beleuchtungsverhältnisse des römischen Hauses richtig abgetönt. Man greift noch zu besonderen bautechnischen Mitteln, um den Gemälden besseres Licht zu geben. So findet sich z. B. in dem so-

genannten „Hause der silbernen Hochzeit" zu Pompeji ein Peristyl, wie man solche auch auf Rhodos noch gefunden hat. Die Säulenwand der Südseite ist höher als die



Abb. 421. Wandbild in Mosaiktechnik (Villandschaft, Rom).

der drei übrigen Seiten. Man kommt also aus dem hohen Atrium durch das Tablinum in den niedrigeren Säulenhof. Durch diese bauliche Eigenart des Peristyls wird bewirkt, daß an Wintertagen die Sonnenstrahlen besser einfallen können. Außerdem hat

man noch die Farben den Helligkeitsverhältnissen angepaßt und je nach der Beleuchtung hellere oder dunklere Töne gewählt.

Mit der Zeit vollziehen sich an diesem Typ des römischen Hauses, das schon in seiner ursprünglichsten Form häufig einen kleinen, an das Tablinum sich anschließen-



Abb. 422. Römischer Fußboden aus großen Platten. Trier.

den Garten besaß, die mannigfachsten Veränderungen, die teils dem zunehmenden Luxus, teils dem in den Städten eintretenden Raumbedarf (Vitruv II 8. 17.) und der damit Hand in Hand gehenden Steigerung des Bodenwertes zuzuschreiben sind. Wie der letztere z. B. auf den Ausbau Roms einwirkte, schildert Friedländer, der sich dabei zum Teil auf Seneca usw. stützt, sehr anschaulich: „Die Unternehmer beuteten den Baugrund nicht bloß durch die Aufführung möglichst zahlreicher Stockwerke, sondern auch durch die möglichste Verengerung und Verkleinerung der Räume der Einzelwohnungen bis aufs



Abb. 423. Römischer Fußboden (restauriert).



Abb 424. Fußboden in mehrfarbigen Steinen.

äußerste aus und waren vorzugsweise darauf bedacht, die Herstellungskosten auf das niedrigste Maß herabzusetzen: eine Bauweise, die auch ihrerseits die



Abb. 425. Das Haus der Vettier zu Pompeji (Ansicht).

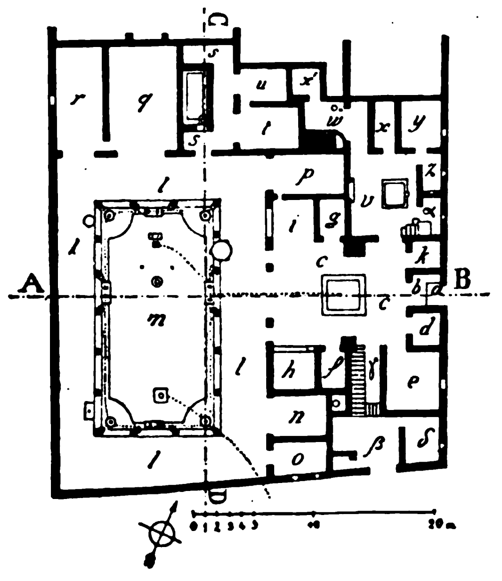


Abb. 426. Das Haus der Vettier. Grundriß.

B Tür; a Vestibulum, gegen b durch die Haustür abgeschlossen; b kurzer Korridor (fauces); c Atrium; h i Alae; l großes Peristylum; m Garten; s zweites, kleines Perystilum; n o p q r Zimmer; v zweites Atrium mit Larenaltar; u Schlafzimmer; w Küche; x Zimmer des Kochs.

Feuergefährlichkeit sehr steigerte. Die dünnen Mauern und Wände der übereinandergetürmten Mietwohnungen, welche weder gegen die Hitze noch gegen die Kälte genügenden Schutz gewähren konnten, bestanden aus Holz oder Fachwerk;

und mit besonderer Vorliebe bediente man sich des sogenannten Netzwerks (s. im Abschnitt „Steinbau" S. 391), welches um seines schönen Aussehens willen den Zwecken der vor allem auf äußeren Schein gerichteten Spekulation besonders entsprach, aber freilich auch der Solidität des Hausbaus wesentlichen Abbruch tat, da die Mauern bei dieser Bauweise sehr leicht Sprünge und Risse bekamen. „Ein Teil unserer Furcht", sagt Seneca, „sind unsere Dächer; selbst aus den mit Gemälden geschmückten Sälen der großen Paläste floh man entsetzt, wenn man ein Knistern hörte. Ein großer Teil der Miethäuser war baufällig, die notwendigsten Ausbesserungen wurden vernachlässigt oder ungenügend ausgeführt; wenn der Hausverwalter die wankende Mauer



Abb. 427. Säulenhalle und Garten (l und m in Abb. 426) im Hause der Vettier in Pompeji.

gestützt und einen alten klaffenden Riß durch Überstreichen verdeckt hatte, versicherte er den Mietern, sie könnten ruhig schlafen, während der Einsturz bereits über ihnen schwebte. Einstürze gehörten daher neben den Bränden schon in der letzten Zeit der Republik zu den eigentümlichen Übeln Roms." Daß bei derartigen Zuständen natürlich von der Innehaltung irgendeines bestimmten Häusertyps keine Rede mehr sein konnte, versteht sich von selbst.

Der einheitliche Typ ging aber auch bei den Luxusbauten allmählich verloren, die mit dem Ende der Republik immer häufiger werden. Schon lange vorher hatten sich einzelne Veränderungen vollzogen, die dadurch entstanden, daß das Haus eben immer weitläufiger wurde. So ließ man das Tablinum, das, wie erwähnt, ur-

sprünglich das Zimmer des Hausherrn war, nach beiden Seiten, nach dem Atrium und dem Peristyl oder, falls ein solches nicht vorhanden war, nach dem Garten zu offen und schuf so einen Raum, der einen angenehmen kühlen Aufenthalt gewährte, aber keinen bestimmten innerhalb der Anforderungen des häuslichen Lebens liegenden Zweck hatte. Des weiteren ließ man die beiden letzten Gemächer der beiden Längsseiten des Hauses ihrer ganzen Breite nach offen. Es entstanden so die beiden Flügel (alae), (s. Abb. 426 S. 326, 437 S. 333 u. 443 S. 336), deren Begrenzung gegen das Atrium mit zunehmenden Luxus zwischen Mauerpfeilern eingefaßt oder mit Säulen zwischen den Anten verziert wurde. Die Alae selbst stattete man mit einem besonders hübschen

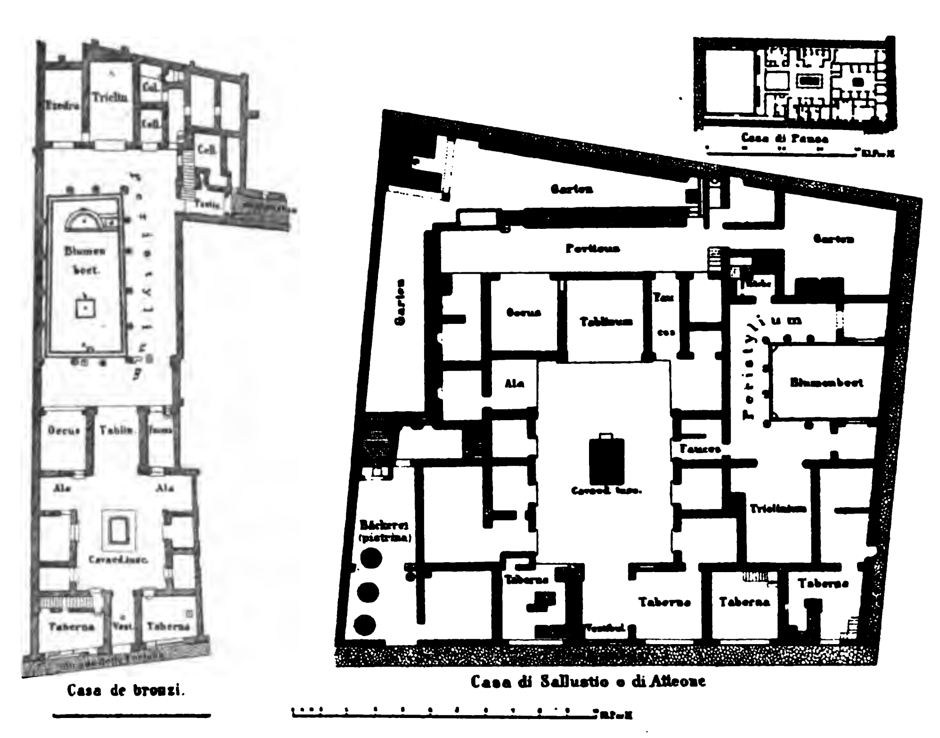


Abb. 428—430. Pläne pompejanischer Häuser.

Fußboden aus (Abb. 422, 423 u. 424 S. 325) und verzierte sie in sonstiger Weise. In ihnen bewahrte man die Ahnenbilder auf, hier empfing der Hausherr seine Besuche. Des weiteren brachte man, wie z. B. im Hause der Vettier in Pompeji, noch ein zweites kleineres Atrium an, das das Larenheiligtum enthielt, und ebenso schuf man ein zweites Peristylum. (Abb. 425 u. 426 S. 326.) Auch das Atrium verlor allmählich seinen ursprünglichen Charakter. Ursprünglich war es der Sammelplatz der Familie, der auch den Geldkasten, in frühesten Zeiten sogar das Bett des Hausherrn und sonstige Gebrauchsgegenstände aufnahm, und wo die Frau spinnend und webend saß. Später wird auch das Atrium vielfach Repräsentationsraum. Damit man nun von hier nach dem Garten nicht durch den anderen, der Annehmlichkeit dienenden Raum,

das Tablinum, gehen und stören muß, werden neben dem Tablinum ein oder zwei Durchgänge, die fauces, angebracht. So wandelt sich der Grundriß des rö-

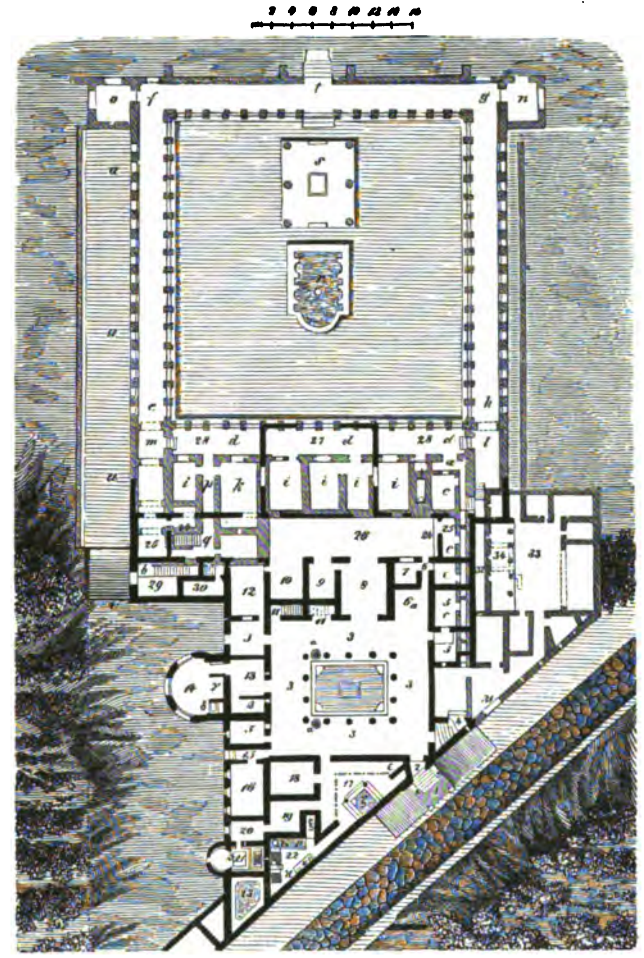


Abb. 431. Plan eines pompejanischen Landhauses (sogen. Villa des M. Arrius Diomedes).
Das Landhaus, an ansteigender Straße gelegen, ist mehrstöckig. Die in Straßenhöhe liegenden Teile sind schwarz und mit Ziffern, die tiefer liegenden hell und mit kleinen Buchstaben bezeichnet.
1 Treppe zur Haustür; 2 kleines Vestibulum; 3 Peristyl mit Impluvium, an dessen Seite zwei Brunnentröge a; 4 Raum mit Treppe zu den tiefer gelegenen Teilen des Hauses; a a a Gang in Hof und Garten; 5 Schlafzimmer mit gemauerten Bettstellen; 6 a Vorplatz; 6 Gang; 7 Zimmer; 8 Tablinum; 9 Zimmer; 10 Exedra; 11 Treppenräume mit Treppe nach oben; 12 Triclinium; 13 Vorraum; 14 großes Schlafzimmer (s. Seite 331); β u. γ Alkoven, δ Waschtisch; 15 Gang zum Garten; 16 Garderobezimmer (?); 17 Hofraum; ε Herd; ξ kaltes Bad; 18, 19 Zimmer; 20 Tepidarium; 21 Caldarium; η Wanne für heißes Wasser; ϑ Wannennische; 22 Hypocaustum; 23 Wasserbehälter; 26 Galerie; 25, 27 Zimmer; 28 Terrassen; 29, 30 kleine Zimmer; 31 Wirtschaftseingang; 32 Gang zu den Wirtschaftsräumen, die wegen der Feuersgefahr getrennt liegen; 33 atriumartiger Hof; 34 Porticus; b Treppe; c Vorratsräume; d d d Gang; e—f—g—h Garten (33 qm groß); 11 Zimmer; k Sommertriclinium (?); l m n o Kabinette; p Gang; q Treppe zum Keller; r Fischbassin mit Springbrunnen; s Säulenhalle; t Hintertür; u Gang; v Treppe zum Garten.

mischen Hauses immer mehr um, doch sind seine ursprünglichen Züge auch in den späteren Luxusbauten noch zu erkennen. (Abb. 428—431.)

Er fällt jedoch vollkommen auseinander, als man beginnt, weitläufige Landhäuser in der Umgebung der größeren Städte in immer reicherem Maße auszustatten. Schon Plinius der Jüngere erzählt von seinen beiden Landsitzen, daß der eine davon mit einem offenen Schwimmbassin ausgestattet war, und daß große zweifenstrige Zimmer sowie Gärten, Brunnen usw. usw. den Aufenthalt angenehm machten. Was

VILLA DES HADRIAN BEI TIVOLI

Abb. 432. Villa des Hadrian bei Tivoli.

1 Freiplatz; 2 griechisches Theater; 3 lateinisches Theater; 4 Platz für Leibesübungen; 5 Nymphäum, Frauenbad; 6 Säulenhalle; 7 Kammern der Leibwache; 8 Schule; 9 Schwimmbad; 10 Hof der Bibliothek; 11 lateinische Bibliothek; 12 griechische Bibliothek; 13 Triclinium; 14 dorischer Peristyl; 15 Kaiserpalast; 16 Stadium; 17 unterirdischer Gang; 18 Thermen; 19 Tal des Canopus (künstliches Tal); 20 Turm des Timon; 21 sogen. „Akademie" (Wohnpalast); 22 Odeon (Theater).

bedeutet aber eine derartige Villa gegen den Komplex gewaltiger Luxusbauten, wie sie in der Kaiserzeit entstehen und von denen z. B. die heute noch erhaltenen Reste der Villa des Hadrian in der Nähe von Tivoli Zeugnis ablegen! Hier handelt es sich nicht mehr um ein Haus, sondern um viele, über eine weite Strecke Landes verstreute Gebäude (Abb. 432), deren Anlage nicht mehr nach bestimmten technischen Überlieferungen über den Entwurf eines Grundrisses geschieht, sondern die man der Landschaft,

den Bodenverhältnissen und der Laune des Erbauers angepaßt. Hatte schon Plinius in seinem Laurentinum das Ruhebett so gestellt, daß er das Meer zu seinen Füßen hatte, so hatte sich Diomedes in Pompeji ein mit drei Riesenfenstern versehenes halbkreisförmiges Schlafzimmer erbauen lassen, von dessen in einer Nische stehendem Bett aus der Blick die Umgebung erfassen konnte. (S. Abb. 431 S. 329, Nr. 14.) Hadrian aber ließ eine gewaltige über 200 Meter lange Mauer in der Ost-Westrichtung aufführen,



Abb. 433. Aus der Villa des Hadrian zu Tivoli. Im Hintergrunde die 200 Meter lange Mauer.

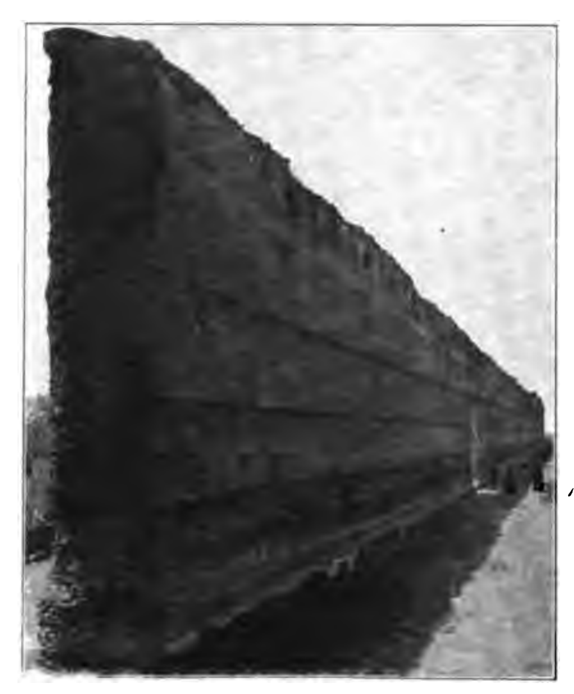


Abb. 434. Die 200 Meter lange „Spaziermauer" in der Villa des Hadrian bei Tivoli.

die wegen ihrer Stellung zur Sonne auf der einen Seite warmen Sonnenschein, auf der anderen aber kühlen Schatten darbot, sodaß man zu jeder Tageszeit ganz nach Belieben in der Sonne oder im Schatten spazieren gehen konnte. (Abb. 433, 434 u. 435 S. 332.)

Gehen wir nun auf die Technik der Inneneinrichtung der römischen Häuser etwas näher ein, so fällt uns hier zunächst auf, daß die einzelnen Räume im Verhältnis zu den unsrigen äußerst klein waren. Das Haus des Pansa in Pompeji hat eine Breite von 33 Metern und eine Tiefe von 6 Metern. (Abb. 429 S. 328.) Ein moderner Baumeister würde auf dieser Grundfläche vielleicht 15—20 Wohnräume anlegen. Das alte Haus enthält aber nicht weniger als 60 verschiedene Räumlichkeiten. So ist es fast überall: Was uns am römischen Hause zunächst auffällt, ist die Kleinheit der Räume. Selbst in der so weitläufig gebauten und so luxuriös ausgestatteten Villa des Hadrian sind die „Gast-

zimmer" weiter nichts als kleine, ziemlich enge Kammern. Abb. 525 S. 391. Auch diese Eigenart erklärt sich aus der Vorliebe des Südländers, seine Zeit möglichst im Freien zu verbringen. Aus dieser Vorliebe heraus ergab sich auch eine eigenartige Ausgestaltung des Daches. Man machte es vielfach flach, um dort lustwandeln und in kühleren Stunden oder Tagen den Sonnenschein genießen zu können. Darum hieß es auch „solarium". Da man auf dem Solarium aber unter Umständen auch den Schatten sowie einen kühlen Aufenthalt wünschte, so brachte man Laubengänge oder luftige Aufenthaltsräume, die „pergulae" darauf an. In diesen nahm man auch gerne die Mahlzeiten ein. Als man dann zweigeschossig baute, dienten die oberen Gemächer zum Teil diesem Zweck und wurden deshalb „cenacula" genannt. Das Vestibulum ist gegen die Straße zu unverschlossen (s. Abb. 426 S. 326, 428 u. 430 S. 328 u. 431 S. 329). In ärmeren Stadtvierteln fehlt es ganz, oder es ist sehr klein. Je nach dem Reichtum des Besitzers wächst seine Größe und in manchen Häusern wird es zu einer Art von Saal, in dem Säulenhallen, Statuen und sonstige Kunstwerke stehen. Bei Miethäusern führt von hier aus vielfach die Treppe in das Obergeschoß. Gegen das Haus zu ist das

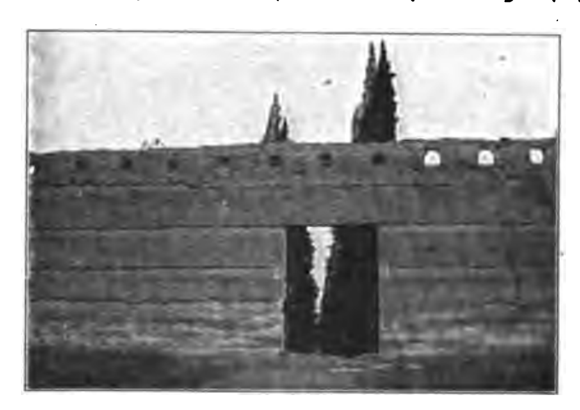


Abb. 435. Teil der Spaziermauer des Hadrian bei Tivoli.



Abb. 436. Reste eines römischen Hauses. Das „Haus des Sallust". Modell nach den Ausgrabungen in Pompeji. — Deutsches Museum.

Vestibulum durch die Haustür abgeschlossen, die sich wohl meist nach innen öffnete. Nur bei sehr angesehener Stellung des Besitzers wurde ihm gestattet, eine nach außen sich öffnende Tür anbringen zu lassen. (Über die Türe selbst siehe S. 337.) Hinter der Tür, auf dem inneren Hausflur, dem „ostium", befindet sich häufig eine kleine Kammer für den Türhüter (vergleiche Abb. 442 S. 335), der hier zusammen mit dem Hunde die Wache hielt. Darum steht an dieser Stelle so manchmal im

Fußboden, entweder aufgemalt oder in Mosaikarbeit hergestellt, die Warnung: „cave canem!"

An das Ostium, das manchmal auch fehlt, schließt sich das **Atrium** an. **Vitruv** (VI 3) unterscheidet fünf Arten von Atrien, die nach ihrer Gestalt tuskisch, korinthisch, viersäulig (tetrastylum), trauflos (displuviatum) und überdeckt (testudinatum) genannt werden. Von diesen fünf Arten war nur das atrium testudinatum ganz bedeckt, die übrigen waren teilweise offen.

Das **tuskische Atrium** ist ein einfacher viereckiger Hof mit einem nach innen geneigten Dache. Das Dach wurde von zwei Hauptbalken getragen, deren Enden in den Wänden lagen, sowie von zwei in die Hauptbalken eingebundene Nebenbalken. Mazois hat dieses Atrium rekonstruiert (Abb. 438 u. 439 S. 334): „a sind die Mauern, b die Hauptbalken (trabes), c die in die Hauptbalken eingefügten Nebenbalken (tigilli oder trabeculae), durch welche die viereckige innere Öffnung hergestellt wird, d die Zwischenbalken (interpensivae), durch welche die gleiche Höhe dieses ganzen Balkenwerks hergestellt wird, e die geneigten Streben (tigni colliciarum), f die Latten (capreoli). Gedeckt wurde das Dach durch zweierlei Ziegel, Plattziegel (imbrices) 1 und Hohlziegel (tegulae) 2, welche über die zusammenstoßenden Plattziegel gelegt wurden, um die Fugen zu schließen; von ihnen unterscheidet man noch die Hohlziegel, welche den Zusammenstoß der Dachseiten bedecken, 3, unter dem Namen der tegulae colliciarum." Bei dem in Pompeji ausgegrabenen, aber infolge Zusammenbruchs leider verschwundenen Dach des Peristyls in der 1852 aufgedeckten Casa di Sirico finden sich die erwähnten Ziegel sämtlich vor: „A sind die Plattziegel, B die über ihre Fugen gestürzten Hohlziegel, C sind die eigentümlichen Flachziegel, mit denen die zusammenstoßenden Kanten zweier nach innen gegeneinander geneigten Dachschrägen gedeckt wurden, eine offenbar vortreffliche Erfindung, um sowohl den raschen Ablauf des Wassers wie auch die Dichtigkeit der Bedachung an dem Punkte zu sichern, welchem das Wasser von beiden Dachschrägen zulief. Einige der gewöhn-

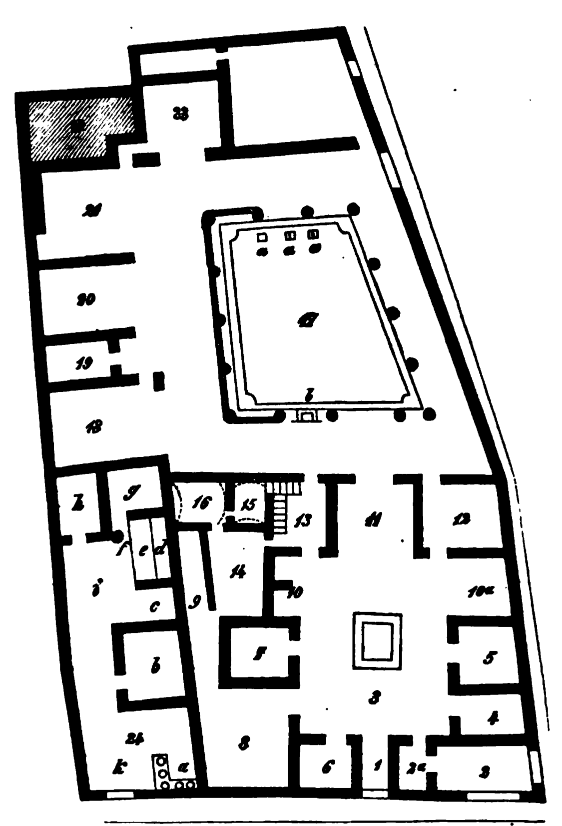


Abb. 437. Haus mit tuskischem Atrium (Haus des M. Nonius in Pompeji).

1 Ostium; 2, 2a Laden mit Hinterzimmer; 3 Atrium; 4, 5, 6, 7 Schlafzimmer, 8 Vorplatz; 9 Gang; 10, 10a Alae; 11 Tablinum; 12 Oecus; 13 Vorplatz; 14 Küche; 15 Tepidarium; 16 Caldarium; 17 Säulengang; 18 Exedra (Gesellschaftszimmer mit Ruhebänken an den Wänden); 19 Schlafzimmer; 20 Oecus; 21 Sommertriclinium; 22 u. 23 (? verschüttet); 24 Laden.

lichen Plattziegel 1, 2, 3 sind mit eigenen Lichtöffnungen von etwas verschiedener Gestalt versehen, die möglicherweise, obgleich nichts dergleichen aufgefunden worden, mit irgendeinem durchsichtigen Material geschlossen gewesen sind, um ihren

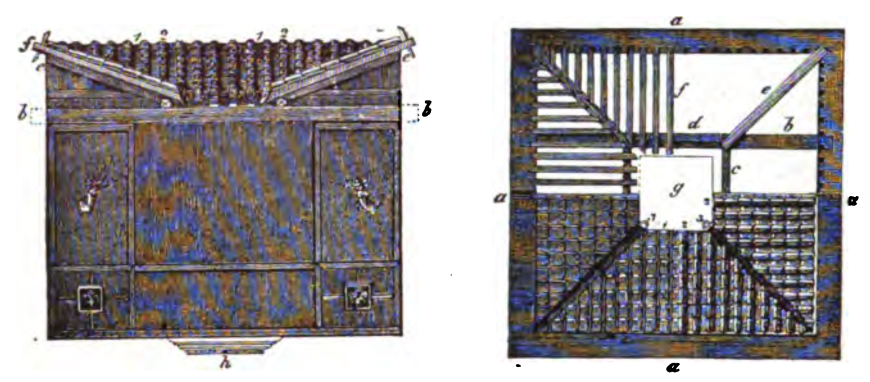


Abb. 438 u. 439. Tuskisches Atrium (Plan und Durchschnitt.

Zweck, den Regen abzuhalten, zu erfüllen und dennoch Licht in den unter ihnen belegenen Raum zu lassen. Ganz sicher sind wir übrigens über diese Einzelheit noch nicht. Beigegeben sind der Figur (440) Abbildungen der einzelnen Ziegel in größerem

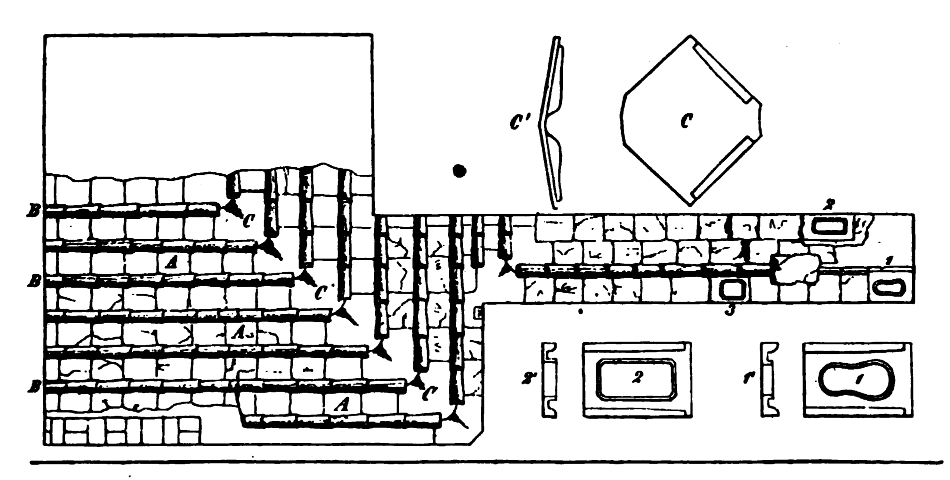


Abb. 440. Ziegeldach der Casa di Sirico in Pompeji.

Maßstabe, mit denselben Buchstaben und Zahlen wie in der Gesamtzeichnung versehen; C' ist eine Profilansicht der neuentdeckten Eckziegel, welche deren Biegung und aufstehende Ränder zeigt, über welche die Hohlziegel gelegt wurden." (Overbeck.)

Das korinthische Atrium und das viersäulige Atrium gleichen in ihren Grundzügen dem tuskischen, nur liegen beim viersäuligen die Hauptbalken an den vier Punkten, wo die Nebenbalken eingebunden sind, auf Säulen auf. Das korinthische Atrium hat mehr Säulen als das viersäulige und, um sie anbringen zu können, eine

größere Öffnung des compluvium. Die Balken reichen nur von der Wand bis zum Epistyl der Säulen. Beim Atrium displuviatum ist das Dach nach außen geneigt. Der Regen fließt also nicht in das Impluvium, sondern wird in den an der äußeren Dachkante befindlichen Rinnen gesammelt, von wo aus er in die Zisterne fließt. Nach Vitruv gewährt diese Art des Atriums bei Winterwohnungen sehr große Vorteile, weil die aufwärts gerichteten Dächer der Beleuchtung der Speisesäle nicht hinderlich sind. Sie hat aber den Nachteil, daß sie viel Reparaturen erfordert, da die Traufen oft überlaufen, wodurch die Wände und das Holzwerk des Gebäudes zerstört werden. Das Atrium displuviatum hatte aber noch eine innere Öffnung, die beim Atrium testudinatum fehlt. Dieses hatte mit der Schildkröte (testudo), von der es seinen Namen ableitete, keine Ähnlichkeit; es hatte kein gewölbtes, sondern ein pyramidenförmiges Dach. Vitruv empfiehlt es überall da, wo man geräumige Wohnungen im oberen Stockwerk anbringen will.

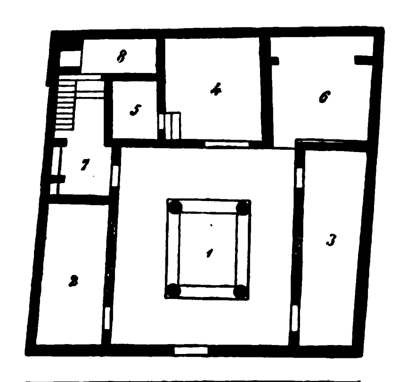


Abb. 441. Tetrastyles Atrium in einem kleinen Hause in Pompeji.

Die Haustür führt ohne Ostium unmittelbar ins Atrium (1); 2, 3 Arbeitsräume (?); 4 Tablinum; 5 Schlafzimmer; 6 (?); 7 Küche mit Herd, Ausguß und Treppe zum Obergeschoß.

Keller (hypogaeae oder apogaeae) finden sich in den Häusern des Altertums gleichfalls, jedoch nicht so häufig wie bei uns. Sie erhalten ihr Licht vom Hof oder vom Peristyl aus und zeigen zuweilen eine gewölbte Decke. Die Fenster sind im

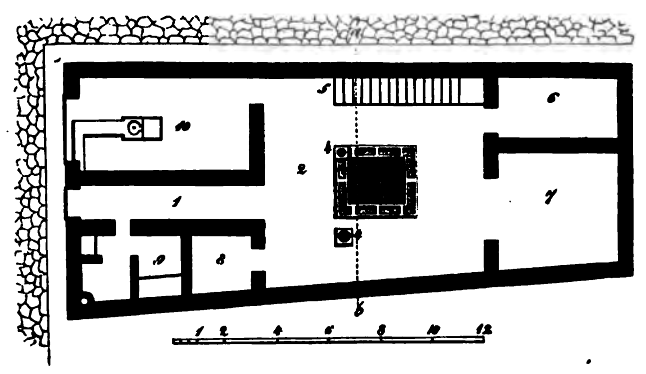


Abb. 442. Haus mit Atrium displuviatum (sog. Casa di Modesto).

Bei 3 fehlt das vertiefte Impluvium, hingegen läßt die Doppelmauer darauf schließen, daß hier Blumen angepflanzt waren. Neben diesem „Pseudoimpluvium" sind bei 4 die Mündungen der Zisterne, in die das von dem nach außen geneigten Dache abfließende und in Röhren gesammelte Regenwasser hineingeleitet wurde. 1 Ostium; 2 Atrium; 3 Pseudoimpluvium; 4 Zisternenmündungen; 5 Treppe zu 2 Gemächern im Obergeschoß; 6 u. 7 Gemächer; 8 Zimmer des Türhüters; 9 Küche; 10 Laden mit Ladentisch, der hier mit dem Innern des Hauses in Verbindung steht.

Verhältnis zur Hausfläche in der Regel kleiner als bei uns. Die Läden enthalten, an den Verkaufsraum anschließend, zuweilen noch einige Zimmer. (Abb. 437 S. 333 u. 444 S. 336.) Unter Umständen sind sie auch mit im oberen Stocke gelegenen Schlafzimmern

verbunden. Vorn an der Straße stand der Verkaufstisch, an dem vorbei man ins Innere des Ladens gelangen konnte. In den Verkaufstisch waren oft Öffnungen zur Auf-

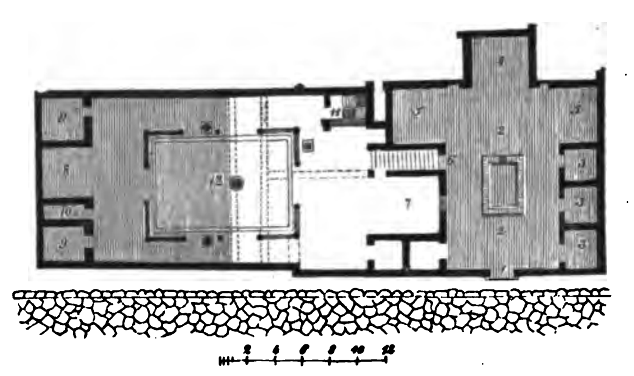


Abb. 443. Unterkellertes Haus in Pompeji.
(Der nicht schraffierte Teil des Hauses ist unterkellert.)

1 Tür ohne Vestibulum; 2 Atrium; 3 u. 9 Schlafzimmer; 4 Tablinum; 5 Alae; 6 Treppe; 7 Triclinium; 8 Exedra; 10 Treppe zum Obergeschoß; 11 Kellertreppe.

nahme von Waren u. dgl. eingelassen. (S. Abb. 444, 445 und 411 S. 313.) Die zum Laden führende Schwelle war auf drei Viertel bis vier Fünftel ihrer Breite mit einer schmalen Rille versehen. In diese schmale Rille wurden, um den Laden zu ver-

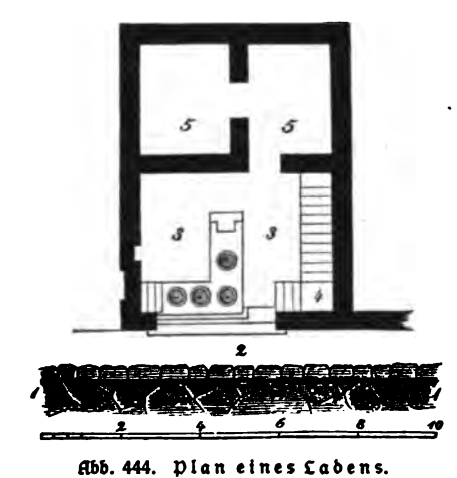


Abb. 444. Plan eines Ladens.
3 Ladenraum mit rechtwinklig gebrochenem Ladentisch. Der Tisch enthält Höhlungen zur Aufnahme von Gefäßen. Auf seinem Ende ein kleiner Ofen (es handelt sich um Verkauf von Lebensmitteln, Garküche o. dergl.), an den Wänden Gestelle; 4 Treppe zu den oberen Räumen; 5 Hinterzimmer; 1 Fahrdamm; 2 Bürgersteig.



Abb. 445. Ansicht eines Ladens in Pompeji (Rekonstruktion).

schließen, schmale Bretter eingestellt, die mit ihren Enden übereinandergriffen, und die sich von der Seite her einschieben ließen. Da, wo die Rille in der Schwelle aufhörte, stand eine Art beweglicher Türflügel, der sich, wie die übrigen Türen, in Angeln

drehte. Er wurde bei Nacht zurückgeklappt, bei Tage vorgeschoben und dann durch ein Schloß mit dem anschließenden Brette des Ladenverschlusses fest verbunden.

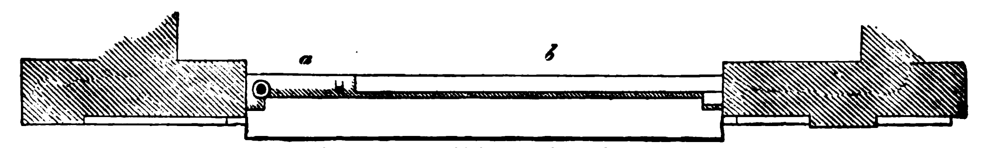


Abb. 446. Römischer Ladeneingang.
a Einrichtung zum Verschluß der Tür; b in die Schwelle eingehauene Rille.

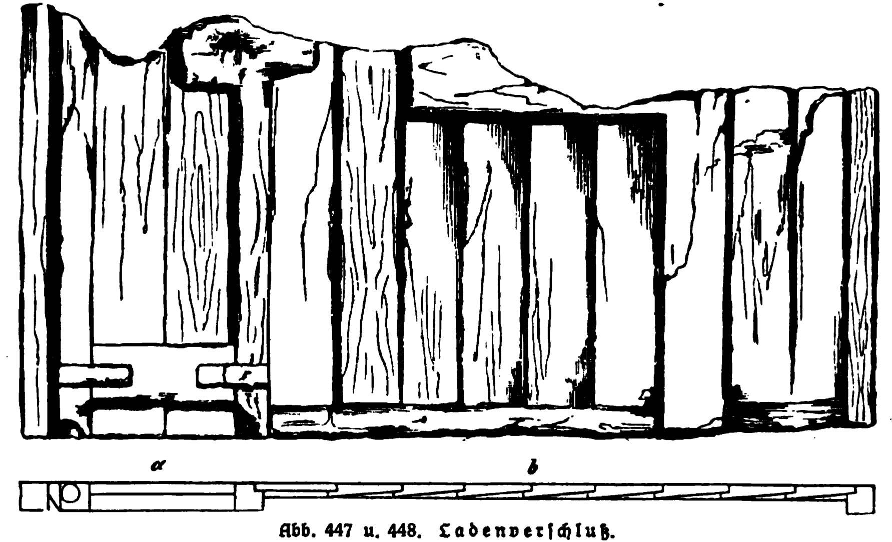


Abb. 447 u. 448. Ladenverschluß.
a Einrichtung zum Verschluß der Tür; b Bretter, mit ihren Enden übereinandergreifend.

Damit war dann der Laden vollkommen abgeschlossen, gingen doch, wie Rillen auch am oberen Querbalken derartiger Ladenöffnungen zeigen, die Bretter für gewöhnlich wohl bis dort hinauf. (Abb. 446, 447 und 448.)

Die Türen.

Die einzelnen Räume im Innern des Hauses wurden entweder durch Türen oder vielfach auch lediglich durch Vorhänge von einander abgeschlossen. Diese Türen waren ebenso wie die Haustüren aus Holz, und zwar verwendete man mit Vorliebe das Holz der Zypresse, der Eiche und der Tanne. Für die Türzapfen nahm man hartes Holz, Buchsbaum, Eiche, Olive, Ulme, ebenso für die Türriegel. Man verwendete sehr gut ausgetrocknetes Holz, das man nach dem Leimen oft noch jahrelang in der Verklammerung liegen ließ, um das Werfen zu verhüten. Bei den Häusern Reicher waren die Türen furniert und mit Zieraten von Bronze, Elfenbein usw. verziert. Um dem Werfen des Holzes entgegenzuwirken, waren die Türen nicht einfach aus Brettern zusammengeschlagen, sondern mit Füllungen (paginae: Plinius XVI 225) versehen. Die Füllungen waren vertieft, der Winkel zwischen Rahmen und Füllung wurde mit einer profilierten Leiste verkleidet. Die antike Tür hing nicht, wie die unsrige, in

Angeln, sondern war mit Zapfen (στρόφιγγες, cardines, scapi cardinales) in die Unter- und Oberschwelle eingelassen. Die Zapfen waren, wie schon erwähnt, aus hartem Holz hergestellt, häufiger jedoch bestanden sie aus Bronzeguß. Manchmal waren an den Türen auch besondere, oben und unten als Zapfen hervorragende, Balken (ἄξονες d. i. Achsen) angebracht. Die Zapfen drehten sich in den in der Ober- und Unterschwelle ausgehöhlten Lagern, in denen gleichfalls häufig entsprechende Bronzeschuhe eingelassen waren. Meist jedoch saßen die Bronzeschuhe an den Zapfen, oder Zapfen und Lager sind mit Schuhen versehen. Später bekommt der Schuh unten noch eine Spitze, um einen festeren Sitz der Tür und eine sicherere Führung zu erzielen. Der Verschluß der Tür geschah mit Hilfe von Riegeln (pessuli), die sich in die Ober- oder Unterschwelle einschoben, oder mit Hilfe von Querbalken, die über die ganze Breite der Tür gelegt wurden und für die entsprechende Aussparungen in die Pfosten eingehauen waren. Ein besonders eigenartiger Verschluß bestand auch darin, daß man von hinten her einen Balken schräg gegen die Tür stemmte, dessen unterer Teil sich an einen eigens zu diesem Zweck in den Fußboden eingelassenen erhöhten Stein anlegte. Außerdem aber standen im ganzen Altertume zum Verschlusse der Türen noch Schlösser im Gebrauche.

Schlösser und Schlüssel.

Das Schloß und der Schlüssel werden schon von Homer erwähnt (Odyssee XXI 5, 42). Der Schlüssel ist dadurch entstanden, daß man die Tür zunächst durch einen Riegel verschloß, der in ein Loch der Türfassung oder bei zweiflügliсhen Türen in eine auf den einen Flügel aufgenagelte Klammer eingriff. Da ein derartiger Verschluß leicht geöffnet werden konnte, so schuf man dadurch ein Hemmnis, daß man am Riegel einen Ausschnitt anbrachte, in den man einen oder mehrere Zapfen oder Bolzen einfallen ließ. Wollte man den Riegel öffnen, so mußte man zuerst den oder die Bolzen aus diesen Einschnitten herausheben. Das ließ sich von innen her leicht bewerkstelligen. Wollte man jedoch die Tür von außen öffnen, so mußte man dazu ein besonderes Instrument haben. So kam man zur Erfindung des Schlüssels, der in seiner ursprünglichsten Form aus einem geraden Stabe mit zinnenartigen Erhebungen bestand. Der Teil des Stabes, auf dem sich die Zinnen befanden, wurde, wenn notwendig, so umgebogen, daß man durch ein Loch in der Tür, das Schlüsselloch, bequem nach den Riegeln langen konnte. In dieser Form tritt uns der Schlüssel im alten Ägypten entgegen. Die eben beschriebenen Teile des Schlosses waren ursprünglich aus Holz hergestellt, der Schlüssel, mit dem man imstande sein mußte, einen entsprechenden Druck auszuüben, war ursprünglich wohl auch aus Holz, dann aus Bein und schließlich aus Metall. Vereinzelt wurden dann schon in Ägypten auch die Schlösser aus Metall hergestellt. Die Konstruktion dieser altägyptischen Schlösser, die schon aus der Zeit Ramses II. (1292—1225) bekannt sind, und die sowohl bei den alten Griechen wie bei den Römern im Gebrauch standen und sogar heute noch im Orient Verwendung finden, ist in ihrer einfachsten Form die folgende, wobei wir uns auf die Erläuterungen von Diels zu den Jacobischen Rekonstruktionen stützen. Wir nehmen dabei an, daß das Schloß so liegt, daß man einen geraden Schlüssel verwenden kann. Macht seine Lage die Verwendung eines gebogenen Schlüssels notwendig, wie uns solche aus altägyptischen Funden erhalten sind, so ändert dies an der Sache selbst nichts. Der Schlüssel kann eine beliebige Anzahl von Zinnen oder Zinken haben. Man kann ihn nun entweder in den zu diesem Zwecke mit einer Höhlung versehenen Riegel R

oder in das darüber befindliche Gehäuse einstecken (Abb. 449—451). Steckt er im Riegel, so wird er etwas emporgedrückt, wodurch die von oben her in den Riegel herabgefallenen Klötzchen B gehoben werden. Die Zinken stehen dann da, wo vorher die Klötzchen

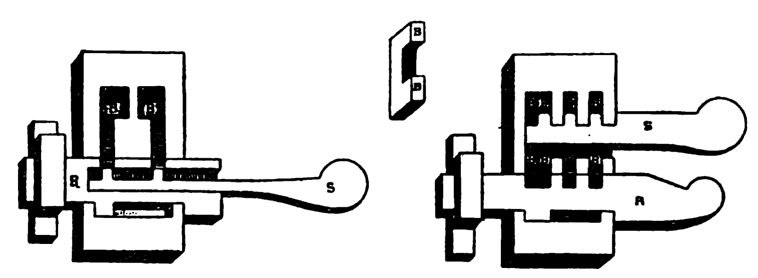


Abb. 449, 450 u. 451. Modelle römischer Schlösser.

waren, nämlich in den im oberen Teile des Riegels befindlichen Öffnungen, die bis zu der Rinne niederführen, durch die man den Schlüssel eingesteckt hat. Es gelingt dann leicht, den Riegel nach der Gegend, aus der man den Schlüssel einsteckte, herauszuziehen. Für dieses Schloß braucht man nur eine Hand. Wird aber der Schlüssel bei dem eben schon erwähnten zweiten System in das Gehäuse eingeführt, so werden durch den von unten nach oben auf ihn ausgeübten Druck die Klötzchen so weit gehoben, daß sie nicht mehr in den im Riegel befindlichen Aussparungen sitzen. Man kann dann den Riegel mit der anderen Hand erfassen und ihn nach der Seite zu, auf der man steht, herausziehen. Da die Klötzchen als βάλανοι d. i. „Eicheln" bezeichnet werden, so wird dieses Schloß „Balanosschloß" genannt. (Also die Grundlage, auf dem sich das heutige Schloß vieler Kassenschränke, das „Yaleschloß", aufbaut, bei dem die Zinken des Schlüssels verschiedene Länge haben, die aufs genaueste

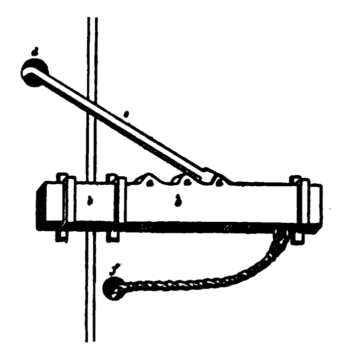


Abb. 452. Das homerische Schloß.
Das homerische Schloß hatte einen Höcker a; die obenstehende Anordnung Brinkmanns, die als naheliegend im Altertum wohl gleichfalls gebraucht wurde, ist mit 3 Höckern versehen, wodurch ein weiterer Spielraum des Riegels gewonnen wird.



Abb. 453. Das Öffnen des homerischen Schlosses. Griechisches Vasenbild.
Berlin, Altes Museum, Antiquarium.
(Erläuterung siehe im beistehenden auf Diels Angaben beruhenden Text.)

mit Ausfeilungen in den lamellenförmigen Klötzchen übereinstimmen müssen, sonst lassen sich diese nicht soweit heben, daß ein Sperren des Schlosses möglich ist.) Das altgriechische Schloß, von dem uns Homer erzählt, bestand in der Hauptsache aus einem Holzriegel, der an der inneren Türseite angebracht war. (Abb. 452 und 453.) Durch

einen schmalen Riemen zog man ihn von außen in die Schließstellung. Der Riemen wurde dann verknotet. Mußte man die Tür von außen öffnen, so löste man zuerst den Knoten und stieß dann den Riegel mit einem langen hakenförmigen Schlüssel zurück. Wie der Schlüssel aussah, zeigen uns Abbildungen (Abb. 453 und 454) und zeigt uns vor allem ein Fund, der des Schlüssels vom Artemistempel in Lusoi in Arkadien. Der Riegel selbst hatte nach Brinkmann oben wohl einige Höcker a, durch die man mittels des von außen her in das Schlüsselloch d gesteckten Schlüssels e den Riegel b zurückschob. (Abb. 452 S. 339.) Wollte man die Tür von außen schließen, so brauchte man nur an dem Stricke f zu ziehen. Sehr sicher war dieser Verschluß ja nicht, weshalb auch die schlaue Penelope den Riemen in einer besonderen Art verknotet. In nachhomerischer Zeit wird auch dieses griechische Schloß immer mehr vervollkommnet, und Schliemann findet bei seinen Ausgrabungen in Mykenä sowohl wie zu Ilios eiserne Schlüssel mit Bart oder drei Zähnen sowie einen Ring zum Aufhängen. (Abb. 455.)



Abb. 454. Dienerin mit Schlüssel. Attisches Grabrelief.

Seine hauptsächlichste Ausbildung erfährt das metallene und insbesondere das eiserne Schloß jedoch erst bei den Römern. Das römische Schloß zeigt durch seine ganze Anordnung, daß es aus dem alten Holzschlosse hervorgegangen ist. Seine

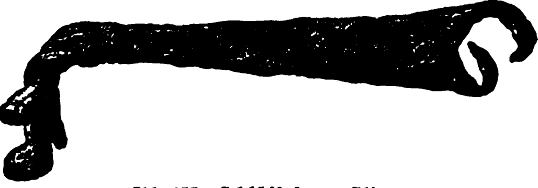


Abb. 455. Schlüssel aus Ilios.



Abb. 456. Römischer Schlüssel.

wichtigste Verbesserung diesem gegenüber besteht in der Anwendung der Feder, die die Klößchen in die Aussparungen des Riegels niederdrückt und ihrem Emporheben einen gewissen Widerstand entgegensetzt. Man muß also einen stärkeren Druck ausüben, wenn man die Klößchen heben will, einen Druck, der die Anwendung eines metallenen Schlüssels erfordert. Außerdem wird aber auch noch die Stellung dieser Klößchen derart verändert, daß sie nur durch Anwendung eines ganz bestimmten Schlüssels gehoben werden können. Dadurch erhält der Schlüsselbart eine für jeden Fall andere, oft sehr komplizierte Gestalt. (Abb. 456.) Er greift in die zellenartigen Öffnungen des Riegels ein, verdrängt die eingeklemmten Klößchen, die jetzt zu

geraden oft in Führungen gleitenden Zapfen geworden sind, und die mittels einer Feder niedergedrückt werden, worauf der Riegel vor- und rückwärtsgeschoben

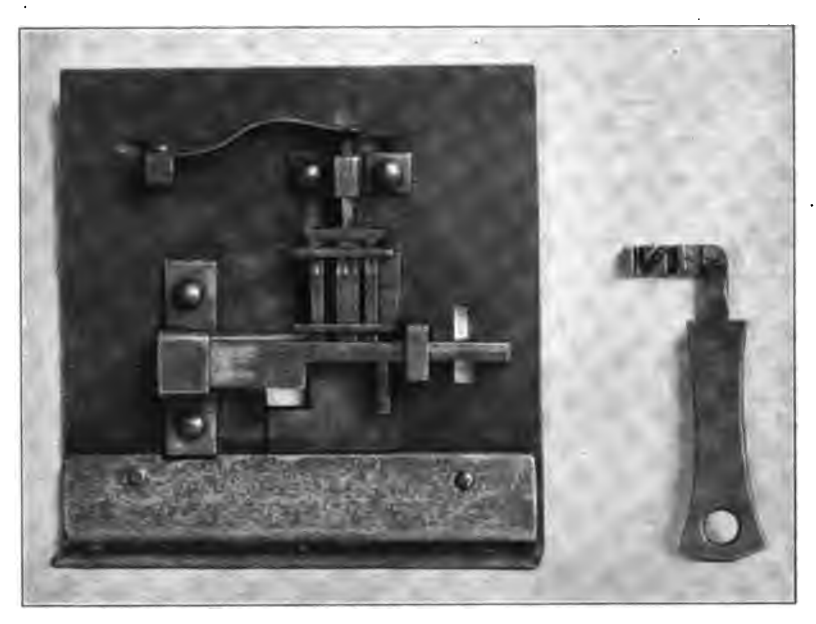


Abb. 457 u. 458 Römisches Stechschloß
mit Feder und mehreren in Führungen gleitenden Zapfen sowie Schlüssel. (System des Yale-Schlosses.)
Modell im Deutschen Museum, München.

werden kann. Es liegt also hier schon dasselbe System vor wie bei den Stechschlössern der feuerfesten Kassen. (Abb. 457 und 458.) Das Schlüsselloch der römischen Schlösser (Abb. 459) war so gestaltet, daß man den Schlüssel nicht direkt hineinsteckte, sondern daß man ihn erst schräg nach links einhakte. Dann wurde er rechtwinklig gestellt und ein wenig gehoben, um den Bart in die zellenartigen Öffnungen des Riegels zu bringen. Der Bart verdrängte die in diese Öffnungen eingeklemmten und durch die Feder festgedrückten Sperrstifte, die den Riegel festhielten. Der Riegel wird nun durch den Schlüssel nach rechts geschoben, wodurch das Schloß geöffnet wird. Bei den älteren Schlössern konnte man den Schlüssel, solange das Schloß geöffnet war, nicht herausnehmen. Erst die spätrömischen Schlösser haben an der Schloßplatte eine Vorrichtung, um den Schlüssel entfernen zu können. Eine

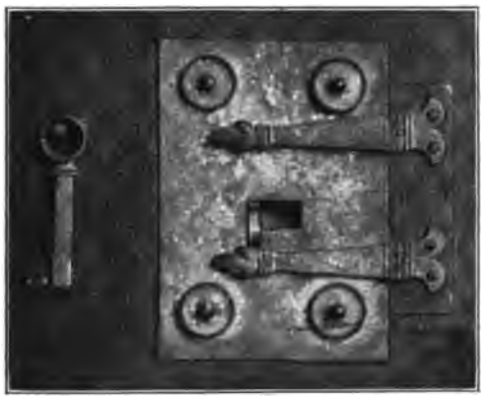


Abb. 459. Römisches Schlüsselloch und Schlüssel.
Modell im Deutschen Museum, München.

häufig vorkommende Gestalt des Schlüssels ist die des Fingerringschlüssels, der, zuerst aus Bronze, später aus Silber und Gold hergestellt, vom Familienoberhaupt als Zeichen seiner Autorität am Mittelfinger der linken Hand getragen wurde. Später bildet der Fingerringschlüssel einen Schmuck der eleganten Römerin.

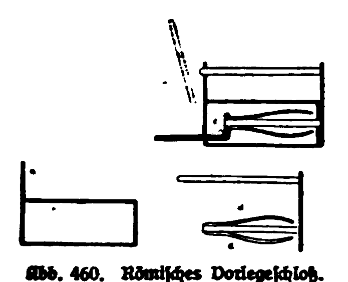


Abb. 460. Römisches Vorlegeschloß.

Auch Vorlegeschlösser kannte man bei den Römern. Sie bestanden aus zwei Teilen, die einfach ineinandergesteckt wurden. Eine Doppelfeder, die sich gegen die Öffnung spreizte, verhinderte das Öffnen. Sollte das Schloß geöffnet werden, so mußte sie durch einen eingesteckten Schlüssel c zusammengedrückt werden. (Abb. 460.)

Literatur zum Abschnitte „Die Häuser" siehe hinter dem Abschnitte „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

Monumental- und öffentliche Bauten.

Das Altertum brachte eine große Menge monumentaler und öffentlicher Bauten von oft gewaltiger Größe und riesenhaften Abmessungen hervor. Vielen dieser Bauten vermag unsere heutige auf so hoher Stufe der Entwicklung stehende Technik nichts Ähnliches an die Seite zu stellen. Die ungeheuren Massen des zu ihrer Herstellung verwendeten Materials haben vielfach zu der Ansicht geführt, daß man im Altertum über besondere technische Hilfsmittel verfügt haben müsse, die mehr leisteten als unsere jetzigen, und deren Kenntnis verloren gegangen ist. Nichts falscher als dies! Die technischen Hilfsmittel des Altertums waren, wie im Abschnitte „Technische Mechanik und Maschinen" nachgewiesen ist, durchweg äußerst einfache. Die gewaltigen Leistungen kamen nur dadurch zustande, daß im Altertum sowohl das Menschenmaterial wie auch die Zeit wenig Wert hatten, so daß man mit beiden in einer Weise verschwenderisch umgehen konnte, die uns heute vollkommen fremd geworden ist.

Auch sonst lassen sich an den monumentalen und öffentlichen Bauten des Altertums nur verhältnismäßig wenige allgemeine technische Merkmale erkennen, die nicht schon in diesem Werke bei anderer Gelegenheit wie z. B. im Abschnitte „Bauausführung" usw. usw. ihre eingehende Würdigung gefunden hätten. Man baute eben nach den damals üblichen Grundsätzen, wie sie auch bei der Herstellung von Häusern, Befestigungen usw. usw. zur Anwendung kamen. Trotzdem weisen aber einzelne dieser Bauwerke noch besondere technische Merkmale auf, die nur ihnen eigentümlich sind. Es wird daher unsere Aufgabe sein, in den nachstehenden Ausführungen auf diese technischen Einzelheiten näher einzugehen. Wenn eine besondere Art eines Monumentalbaues nicht erwähnt ist, so beweist das, daß ihm derartige technische Besonderlichkeiten fehlen und daß bei seiner Errichtung lediglich die allgemeinen, in diesem Werk ausführlich erörterten Grundsätze der Bauausführung sowie die üblichen Handwerkszeuge, Hilfsmittel usw. zur Anwendung kamen. Die Größe allein verleiht einem Bauwerke noch keine technische Eigenart.

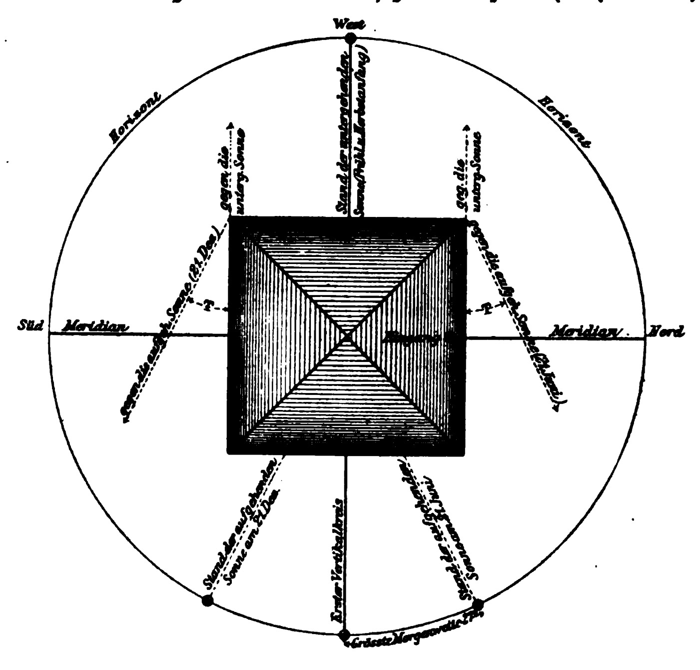
Die Pyramiden.

Unter den Monumentalbauten, die sich durch solche technische Eigenarten auszeichnen, stehen die Pyramiden obenan. In Ägypten sind ganz oder in Spuren alles in allem etwa 80 Königsgräber erhalten, die die Form einer Pyramide haben. Die größte und bedeutendste von allen ist die Cheopspyramide. Den unteren Teil dieser Pyramide samt der unterirdischen, in natürlichen Felsen ausgehauenen Grabkammer baute Cheops der Zweite (um 2600 v. Chr.); das große Werk vollendete dann Chabryes (Schafra), der fünfte und letzte König der IV. Dynastie, der sich

in dem oberirdischen Teile der Pyramide eine prachtvolle Grabkammer errichten ließ. Die unterirdische Grabkammer ist eine rohe unfertige Höhle geblieben. Die Länge der Grundlinien beträgt 232,16 m, die Höhe der Pyramide beläuft sich auf 147,80 m.

Zum Bau des Werkes waren über 2½ Millionen Kubikmeter Mauerwerk nötig. Das Material war Nummuliten-Kalkstein, den man aus den großen Brüchen des Mokattam-Gebirges bei Kairo gewonnen hatte. Ganz besonders bemerkenswert sind nun die Beziehungen zwischen Mathematik und Technik, die sich gerade an der Pyramide ergeben und mit denen sich schon im 17. Jahrhundert der englische Physiker und Mathematiker Isaac Newton beschäftigt hatte, die aber erst im Laufe des vorigen Jahrhunderts in weiterem Umfange gelöst worden sind. Sie beweisen, daß die alten Ägypter erstaunliche mathematische und astronomische Kenntnisse hatten, die sie mit ihren hervorragendsten Monumentalbauten in die engsten Beziehungen zu bringen verstanden. Die vier Seiten der Pyramide sind genau nach den vier Himmelsrichtungen gestellt, was nach der Meinung Biots und anderer den Zweck hatte, die Zeit der Tag- und Nachtgleichen zu bestimmen. Dies geschah in der Weise, daß man den Tag beobachtete, an dem die Mitte der auf- und untergehenden Sonnenscheibe mit der nördlichen oder südlichen Grundlinie zusammenfiel. In ähnlicher Weise hat man die Morgen- und Abendweite der Sonne mit Hilfe der Pyramide bestimmt, und zwar für jeden beliebigen Tag des Jahres, indem man den Winkel T gemessen hat, der dort im Maximum den Wert von 27 Grad erreicht. (Abb. 461 und 462.) Auch noch anderweitige astronomische Beobachtungen konnte man mit Hilfe der Pyramide durchführen, da die von Nord nach Süd und von Ost nach West durch die Spitze der Pyramide geführten Schnitte mit den Ebenen des Meridians bzw. des ersten Vertikalkreises zusammenfallen. Der Pharao war nach der Auffassung der Ägypter der leuchtende Pol, um den sich die Welt drehte. Dies kommt in den technischen Verhältnissen der Pyramide dadurch zum Ausdruck, daß der Eingangsstollen in die unterirdische Grabkammer eine Neigung von genau 27 Grad hat. Da die Weltpole am Himmel nicht unveränderlich sind, sondern infolge der Präzession in ungefähr 26 000 Jahren (siehe unten) Kreise von 23½ Grad um die Pole der Ekliptik beschreiben, so wird jeder in der Nähe eines dieser Kreise gelegene Stern einmal Polarstern. Der gegenwärtige Polarstern ist der Stern α im Kleinen Bären. Zu Zeiten des Cheops war nach den Berechnungen von Flammarion und Ule der Stern α im Sternbilde des Drachen der Polarstern, der damals nahezu 3 Grad vom Nordpol entfernt stand. Die Höhe seiner oberen Kulmination war demnach $30 + 3 = 33$ Grad, die der unteren $30 - 3 = 27$ Grad (genau 26° 18' 10"). Da auch der Eingangsstollen in die Grabkammer diese Neigung aufwies, so fielen die Strahlen des Polarsterns bei seiner unteren Kulmination direkt auf den toten Pharao, den dahingeschiedenen Pol der damaligen Welt! Die untere Kulmination des damaligen Polarsterns wurde, wie Herschel vermutet, der sich ebenfalls mit der Astronomie der Cheopspyramide beschäftigte, wahrscheinlich deshalb gewählt, weil im Jahre 2160 v. Chr. Alkyone im Sternbild der den Alten so wohl vertrauten Plejaden, heute der Stern η im Stier, zur gleichen Stunde den Meridian oberhalb des Pols kreuzte, wo der Stern α im Drachen seine untere Kulmination hatte, ein Zusammentreffen zweier astronomischer Vorgänge, das sich in 25 827 Jahren nicht wiederholt. Herschel schreibt deshalb dem Jahre 2160 v. Chr. eine hohe Bedeutung für den Pyramidenbau zu. Der 25 827 Jahre dauernde Kreislauf der Präzession der Tag- und Nachtgleichen scheint nach vielfacher Annahme in der Pyra-

mide gleichfalls festgelegt, beträgt doch der Umfang der Pyramide in der Höhe des Fußbodens der Königskammer 25 827 Pyramidenzoll! (Siehe unten).



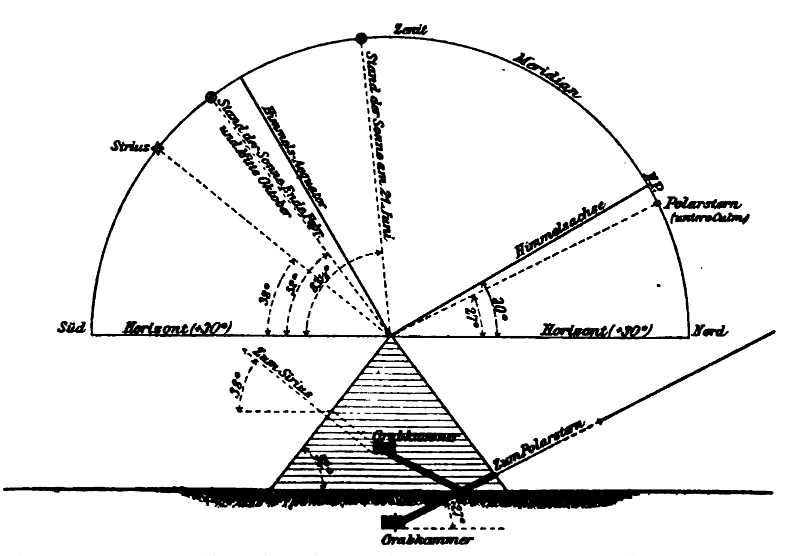


Abb. 461 u. 462. Darstellung der astronomischen Beziehungen der Cheopspyramide.

Aber noch mehr! Der helle Stern Sirius des südlichen Himmels war den Ägyptern, die ihn Sothis nannten, ein Gegenstand ganz besonderer Verehrung, er war für sie die Verkörperung der Göttin Isis. Nach ihm bestimmten sie ihre Jahre und einzelne wichtige Tage. Von der Grabkammer der Pyramide gehen Lüftungsstollen nach außen. Man hat nun den Seiten der Pyramide eine derartige Neigung gegeben, daß die auf die südliche Pyramidenseite fallenden Strahlen des kulminierenden Sirius diese genau im rechten Winkel treffen und dann durch den im gleichen Winkel auftreffenden Lüftungsstollen in die obere Grabkammer und damit auf den Sarg des toten Pharao gelangen. Zur Zeit des Cheops kulminierte der Sirius in Ägypten in einer Höhe von nahezu 38 Grad. Man mußte somit den Seiten die Neigung von 90 — 38 = 52 Grad (genau 51° 51' 14,3") geben. Auf eine weitere Beziehung dieser Zahl zum Pyramidenbau werden wir sogleich zurückkommen, vorher sei noch erwähnt, daß man durch die Neigung der Seiten von 52 Grad zugleich erreichte, daß die Mittagssonne die Pyramide von Ende Februar bis Mitte Oktober derart beleuchtete, daß sie überhaupt keinen Schatten wirft. Auch dies hat seine symbolische Bedeutung: Vom Erwachen der Natur bis zum Beginne des herbstlichen Welkens gießt der Sonnengott (Ra) jeden Mittag den vollen Glanz seiner Strahlen auf die Ruhestätte des Pharao!

Der Winkel von 51° 51' 14,3" findet sich auch an den vor Jahrhunderten entfernten und zum Häuserbau in Kairo benutzten Verschalungssteinen der Pyramide, die dem ganzen, jetzt nur in Form des inneren Kerns erhaltenen und stufenförmig aufsteigenden Bau eine außerordentliche Glätte verliehen, so daß eine Besteigung vollkommen unmöglich war. Im Jahre 1837 wurden zwei dieser Verschalungssteine von Howard-Vyse entdeckt. Unterdessen hat Vow Covington an der nördlichen Grundlinie weitere Reste der Verschalung aufgefunden. Die Verschalungssteine erregen durch die äußerst genaue Arbeit ihrer Flächen, Winkel und Kanten Staunen. Sie müssen wunderbar aneinander gepaßt haben. Berechnet man nun unter Zugrundelegung der mathematischen Verhältnisse dieser Verschalungssteine die ursprüngliche Höhe und ursprüngliche Seitenlänge der Grundfläche der Pyramide, so ergibt sich nach Piazzi Smyth die erstaunliche Tatsache, daß der Umfang der quadratischen Grundfläche (928,64 m) gleich dem Umfang eines Kreises ist, dessen Halbmesser der Höhe (147,80 m) gleich ist.

$$u = 2 \cdot 147{,}80 \cdot \pi = 928{,}64.$$

Da dies wohl kaum ein Spiel des Zufalls zu sein scheint, so mußten die Erbauer der Pyramide das Verhältnis zwischen dem Umfang und dem Durchmesser eines Kreises, die berühmte Zahl π (= 3,1415926535 usw.), die von dem holländischen Mathematiker Ludolf van Ceulen erst im 16. Jahrhundert berechnet wurde, bereits vor Jahrtausenden nicht nur gekannt, sondern auch in der Technik verwendet haben.

Das Sonnenjahr unserer Erde hat 365,2422 Tage. Teilt man die Seitenlänge der Pyramide durch diese Zahl, so ergibt sich eine Länge, die sich in allen Maßen der Gänge und Kammern des Innern in auffallender Wiederholung zeigt und die Smyth deshalb das „Pyramidenmeter" (= 0,635 m) genannt hat. Dieses Pyramidenmeter ist nun merkwürdigerweise genau der zehnmillionste Teil der halben Polarachse der Erde. Teilt man das Pyramidenmeter in 25 gleiche Teile ein, so erhält man den „Pyramidenzoll", ein von den Erbauern der Pyramide wahrscheinlich gebrauchtes Maß, das vermutlich auf einer vor dem Eingang in die Königskammer

befindlichen Granittafel dargestellt ist. Der Umfang der Grundfläche der Pyramide beträgt 36524,2 Pyramidenzoll, so daß man hier wieder dieselben Zahlen wie für das Sonnenjahr unserer Erde bekommt. Die Erdachse hat eine Länge von 5.10^7 Pyramidenzoll. Die Entfernung der Sonne von der Erde beträgt 10^9 mal die Höhe der Pyramide — wiederum eine ganz erstaunliche Tatsache, die unmöglich ein Zufall sein kann und uns neue Einblicke in das staunenswerte astronomische Wissen der Ägypter oder doch wenigstens ihrer Priester eröffnet. Im übrigen finden sich die sicherlich nicht nur zufällig auf die Beziehungen zur Sonne hinweisenden Zahlen 10 und 9 auch in der äußeren Gestalt der Pyramide: die Höhe der Pyramide zur halben Diagonale der Grundfläche verhält sich wie 9 : 10.

Ersehen wir aus diesen Ausführungen, auf welch staunenswerten mathematischen Berechnungen und astronomischen Beziehungen die Linien, Flächen und Winkel

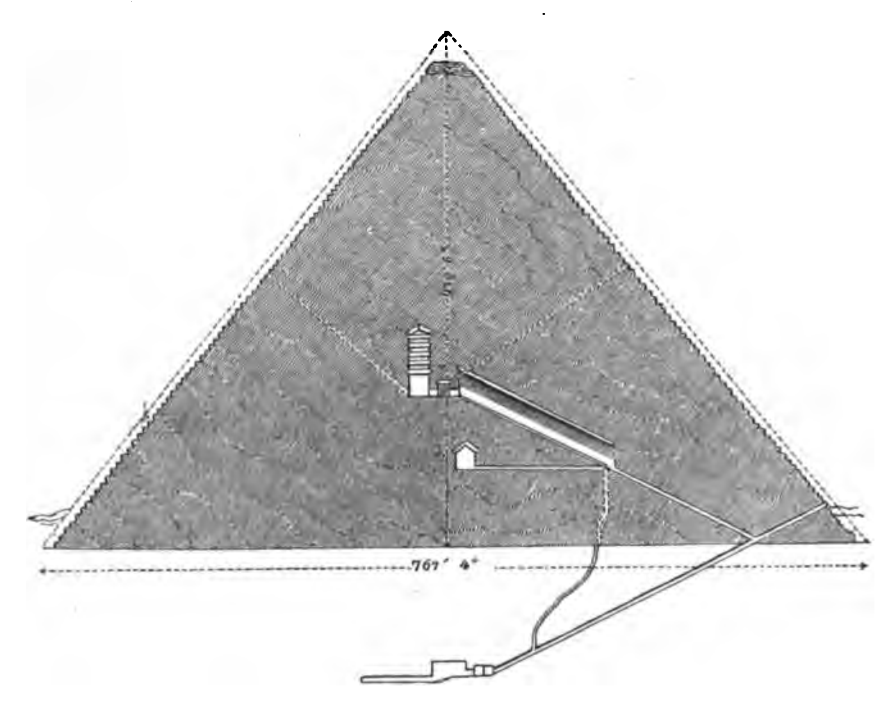


Abb. 463. Durchschnitt durch die Cheopspyramide.

der Pyramide beruhen, und welche Geheimnisse und Rätsel, die wahrscheinlich noch gar nicht alle gelöst sind, sie uns aufgibt, so zeigen uns die Forschungen von Dow Covington das Großartige der bei der Ausführung dieses Wunderwerks vollbrachten technischen Leistung. 100 000 Arbeiter haben 20 Jahre lang die Steine aufeinandergeschichtet (Herodot II 124) und nicht weniger als 2 300 000 einzelne Blöcke in 210 Schichten aufeinandergelegt. Die Verkleidung bestand aus weißem Kalkstein, so daß die Pyramide früher im hellen Lichte der dortigen Sonne einen blendenden, ja geradezu leuchtenden Anblick dargeboten haben muß. Nachdem der oben erwähnte südliche Luftstollen und ebenso ein zweiter nördlicher ausgeräumt waren, zeigte es

sich, daß die durch diese Stollen dringenden Luftströme musikalische Klänge erzeugten, die denen einer Äolsharfe ähnelten, für jeden Stollen verschieden waren und einen guten Zusammenklang gaben. Die Königskammer ist aus poliertem Granit, und zwar aus genau 100 Blöcken aufgeführt. Über ihr erheben sich noch fünf andere Kammern, von denen die Decke der einen immer den Boden der anderen bildet. Die Granitplatten der Decken sind sorgfältig poliert, die des Fußbodens sind rauh und uneben gelassen. Welchem Zwecke diese bereits 1763 von Davidson entdeckten Kammern dienten, ist bis heute Geheimnis geblieben. Wie man den im übrigen leeren und deckellosen Königssarg in die Grabkammer brachte, ist gleichfalls unerklärlich; sind doch alle Gänge, Stollen und Schächte viel zu eng, um ihn hindurchzulassen. Der Rätsel der großen Pyramide sind so viele, daß man sogar schon daran zweifelte, ob sie überhaupt ein Königsgrab darstellt. Vereinzelt tauchte die Annahme auf, sie hätte dazu gedient, das Normalmaß der Ägypter, das Pyramidenmeter, für ewig festzulegen; verwahrt man doch auch jetzt das Normalmaß für das metrische Maßsystem in Form eines nach menschlichem Ermessen für alle Ewigkeiten unveränderlichen, aus der Legierung Platiniridium gefertigten Maßstabes in einem besonderen feuer-, diebes- und erschütterungssicheren Gewölbe des Internationalen Büros für Maß und Gewicht zu St. Cloud bei Paris auf. Außerdem hat man, von der — falschen! — Annahme ausgehend, die Größe der Erdachse sei unveränderlich, die Größe des Meters auf die Größenverhältnisse der Erde bezogen, so daß man das Normalmeter, falls es je verloren gehen sollte, jederzeit wieder rekonstruieren kann. Vielleicht wollten die Ägypter ein Gleiches? Aber dies sind, wie erwähnt, nur Vermutungen, die allerdings von technischer Seite ausgehen. Jedenfalls ist es auffällig, daß nur die Cheopspyramide die vorstehend geschilderten technisch-mathematisch-astronomischen Verhältnisse aufweist, die bei allen übrigen Pyramiden fehlen. Diese sind nicht einmal nach den Himmelsrichtungen orientiert. Trotzdem muß man vorerst immer noch an der Annahme festhalten, daß auch die große Pyramide des Cheops eine Begräbnisstätte des ägyptischen Königs war.

Sphinxe.

Gleichfalls zu den Meisterleistungen altägyptischer Monumentaltechnik gehören die Sphinxe, die uns nicht nur durch ihre Größe, sondern auch durch die Art ihrer Ausführung in Erstaunen setzen. Wir bewundern in Luzern den aus dem Felsen herausgehauenen sterbenden Löwen Thorwaldsens. Was bedeutet er aber — sofern wir den künstlerischen Wert nicht berücksichtigen und nur die Abmessungen in Betracht ziehen — gegen den vor den Pyramiden von Gizeh gelegenen Sphinx, der gleichfalls aus einem einzigen Steinstück besteht, und dessen Höhe sich auf 23 m beläuft, während die Länge nicht weniger als 57 m beträgt! Wie groß muß der Steinblock gewesen sein, aus dem eine uns heute die höchste Bewunderung abnötigende Technik dieses gewaltige Wunderwerk schuf! Außer dem erwähnten Sphinx gibt es deren noch eine ganze Anzahl. Aber alle sind sie aus einem einzigen Steine zubehauen, niemals zusammengesetzt, und dabei war das Material, aus dem sie bestehen, wahrlich nicht immer leicht zu bearbeiten. Manchmal arbeitete man in Sandstein, öfters in Porphyr, meist aber in Granit, einem derartig harten Gestein, daß an ihm auch die aus vorzüglichem Stahl hergestellten Meißel unserer heutigen Zeit rasch stumpf werden. Manche der Sphinxe dürften wohl spiegelglatt poliert gewesen sein. Auf welche Weise wurde diese Politur dann hergestellt, welche Mittel verwendete

man dazu, und vor allem, wie lange mag es gedauert haben, bis die Oberfläche des Kolosses geglättet war? Es sind dies alles Rätsel, deren Lösung vielleicht niemals vollkommen gelingen dürfte. Die Sphinxe liegen in der Regel vor Tempeln, wobei sich vor den kleineren oft 30 bis 40 finden, während an den größeren manchmal Hunderte gelagert sind. Trotz dieser großen Zahl ist nicht ein einziger wohlerhaltener Sphinx mehr zu finden. Sie sind alle im Laufe der Zeiten durch den Wüstensand abgeschliffen oder auch von Menschenhand zerstört worden. Wir wissen jetzt, daß die Sphinxe, auch wenn sie Tiergestalt haben, meist Darstellungen der ägyptischen Könige sind. Der größte aller bekannten Sphinxe befindet sich vor den Pyramiden von Gizeh. Im Jahre 1817 wurde er, der im Wüstensande vergraben lag, auf Veranlassung der europäischen Konsuln ausgegraben. Damals schon entdeckte man, daß das Riesenbild aus dem Felsen des Untergrundes herausgehauen war. Man fand einen großartigen Treppenaufgang, und zwischen den Vorderbeinen zeigte sich ein sorgfältig gepflasterter Boden, der zu einer Tempelanlage führte, die sich an die Brust des Kolosses anschloß und deren Eingang neben der rechten Vordertatze gelegen war. Das Antlitz ist genau nach Osten gerichtet. Die Ausgrabung hatte gewaltige Summen verschlungen. Aber schon nach zwanzig Jahren war alles, was man zutage gefördert hatte, durch den von Winden aufgewirbelten Wüstensand wieder zugedeckt. Im Jahre 1843 erfolgte die zweite Ausgrabung durch den deutschen Ägyptologen Lepsius, an die sich im Jahre 1853 die dritte durch Mariette anschloß. Man gewann bei diesen sowie bei der 1886 von Maspero vorgenommenen Ausgrabung die Überzeugung, daß das Riesenbildnis bereits vor 3400 Jahren vom Sande zugeweht worden war, und daß es schon König Tutmes IV. im Jahre 1533 v. Chr. hatte ausgraben lassen. Zu irgendeiner Zeit mußte übrigens eine absichtliche Vergrabung stattgehabt haben, denn an gewissen Stellen zeigte sich, daß Sandschichten mit 30 cm hohen Schichten von kleinen Steinen abwechselten, die ringsherum aufgeschichtet, und die so fest verkittet waren, daß man in ihnen Stufen anbringen konnte. Neuerdings hat nun eine abermalige Bloßlegung des Sphinx stattgefunden, und man hat trotz aller Zerstörungen durch vielfache Forschungen ein richtiges Bild von ihrem ursprünglichen Aussehen erhalten. Mit großem Geschick scheinen die alten ägyptischen Steinmetzen einen Felsblock ausgewählt zu haben, dessen einer Teil so hoch in die Lüfte ragte, daß er mit Vorteil zur Herstellung des Kopfes verwendet werden konnte. Unsere Abb. 464 S. 350 zeigt nun, wie der Sphinx einst ausgesehen hatte, der wahrscheinlich vor etwa 6000 Jahren geschaffen wurde. Sicher ist, daß er über 5600 Jahre alt sein muß. Das Gesicht trägt die Züge eines Königs, wahrscheinlich die des Königs Amenemhet III. aus der zwölften Dynastie. Es ist jedoch auch möglich, daß es das Antlitz des Sonnengottes wiedergeben soll. Daß es sich hier um das Bild eines Königs handelt, zeigt das in eigenartige Falten gelegte Kopftuch, das in dieser Form zu den Symbolen königlicher Würde gehörte. Es geht dies des weiteren aber noch aus der an der Stirn angebrachten Uräusschlange hervor, die ein königliches Abzeichen darstellte. Unter dem Kinn sehen wir den Bart, wie ihn die alten Ägypter trugen. Freilich gingen sie eigentlich bartlos, sie pflegten jedoch bei festlichen Gelegenheiten mit Hilfe einer Schnur unter dem Kinn einen künstlichen Knebelbart zu befestigen. Vor der Brust, zwischen den Vordertatzen, ist eine große Tafel, die uns in Form eines Zwiegespräches meldet, daß der bereits oben erwähnte König Tutmes IV. sogleich nach seinem im Jahre 1533 v. Chr. erfolgten Regierungsantritt, den Sphinx aus dem Wüstensande ausgraben ließ. Daneben an der rechten Vorderpfote ist der gleichfalls schon erwähnte Tempeleingang zu sehen, während sich gegenüber eine gewaltige Treppenanlage

erhebt, die zum Tempel herabführt. Als ganz besonders bemerkenswert sei noch erwähnt, daß die Verfertiger dieser Sphinxe wohl kaum ein Modell gehabt haben

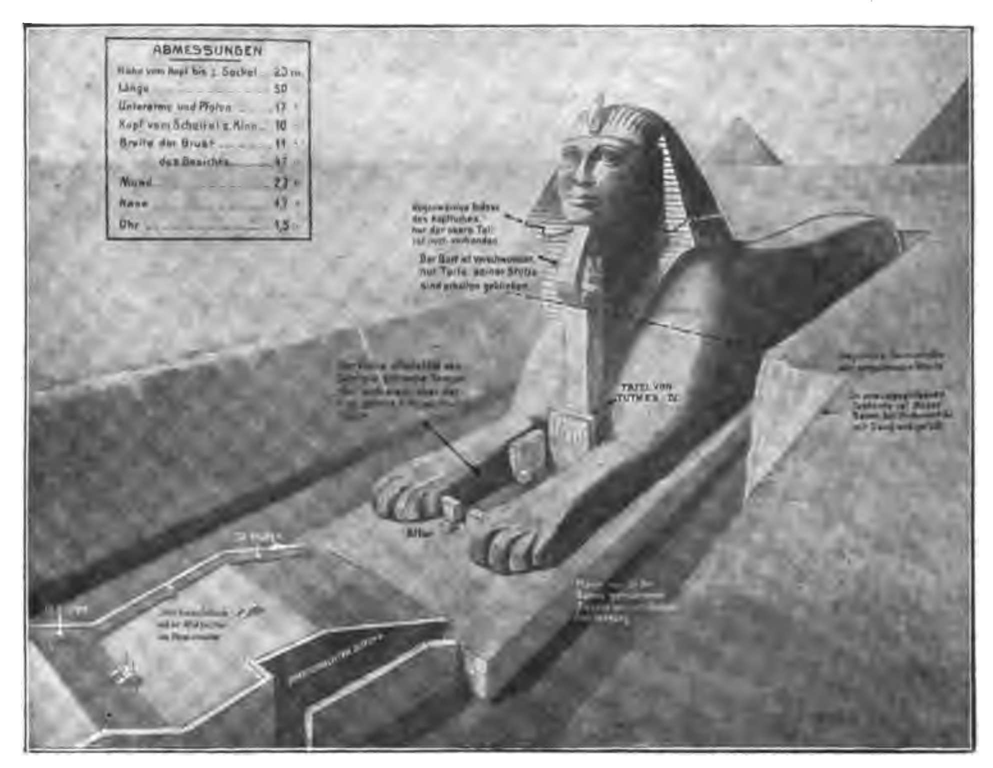


Abb. 464. Rekonstruktion des Sphinx.

dürften; war doch bei der Größe der Abmessungen jeder Vergleich zwischen einem kleinen Modell und der im Entstehen begriffenen Figur unmöglich.

Tempelbauten.

Unter den Tempelbauten des Altertums ist zwar der seit etwa 990 v. Chr. von König Salomo errichtete Tempel in der Bibel (1. Buch Könige 5—7; 2. Buch Könige 25; Jeremias 52; 2. Buch Chronik 2—4) ziemlich genau beschrieben; doch enthalten die dort angegebenen Einzelheiten keine technischen Merkmale besonderer Art, die hier zu erwähnen wären. Es sei nur darauf hingewiesen, daß das Tempelgebäude mit Seitenzimmern umgeben war, die in drei Stockwerken übereinander lagen. Die babylonischen Tempel zeichneten sich durch ihre Stufentürme aus, die in sieben Stockwerken, der Heiligkeit der Zahl Sieben entsprechend, aufstiegen. Diese Stufentürme, die „Zikkurat“, waren im Altertum weithin berühmt. Ihre Außenmauern waren emailliert und zwar von unten nach oben aufsteigend in folgenden Farben: weiß, schwarz, purpurrot, blau, zinnoberrot, silbern und golden. Der noch ziemlich gut erhaltene Stufenturm aus Chorsabad bei Ninive weist eine Seitenlänge

der untersten Stufe von 43 m bei 6 m Höhe auf. Um den ganzen Turm herum wand sich eine Rampe von 2½ m Breite, die auch schon von Herodot (I 181) erwähnte „Wendeltreppe". Sie führte in einer Gesamtlänge von 800 m zum Gipfel.

Die Tempel der alten Ägypter waren ebenso wie die der Babylonier mit gewaltigen Umfassungsmauern versehen, die stets die Gestalt eines langgestreckten Rechtecks hatten und keinerlei Fensteröffnung oder Säulen aufwiesen. Innerhalb dieser Umfassungsmauern stand der eigentliche Tempel, dessen Decke stets wagerecht lag, und dessen äußere Fassade durch die mächtige Hohlkehle ihr charakteristisches Aussehen erhielt, die unterhalb des Daches sich entlangzog und ebenso wie die Tempelwände und die Wände der Umfassungsmauer mit zahlreichen farbigen Darstellungen bedeckt war. Zum Tempel selbst führte eine Allee von Sphinxen oder Widdern. Der Eingang war eng und schmal und befand sich zwischen zwei Pylonen, auf die wir sogleich eingehender zurückkommen werden. Hinter dem Eingange schließen sich ein oder mehrere Vorhöfe, an und dann kommt der Hauptsaal, in dem dicht gestellte Säulen die Steinbalkendecke tragen. Unter den übrigen Räumen findet sich die wie diese kleine und enge Cella, die das Götterbild beherbergt. Die Säulen des ägyptischen Tempels zeichnen sich durch ihre Form sowie durch die der Kapitelle aus, bieten jedoch in technischer Hinsicht nichts besonders Bemerkenswertes dar. Um so mehr haben die eben erwähnten Pylonen die Aufmerksamkeit der Techniker erregt. Bereits im 15. Jahrhundert v. Chr. pflegten die Ägypter ihre Tempelbauten in der Weise anzulegen, daß der Eingang des Tempels durch ein großes Tor, den sogenannten „Pylon" dargestellt wurde, das von Obelisken, Götter- und Königsbildern usw. flankiert und durch zwei hohe, festungsartige Türme beschützt wurde. Betrachtet man diese Türme genauer, so findet man, daß jeder mit zwei von oben bis unten gehenden Rinnen versehen ist. Alte, noch vorhandene Zeichnungen lassen erkennen, daß diese Rinnen zur Aufnahme hoher Mastbäume dienten, die an ihrer Spitze bunte Flaggen trugen. Diese Masten erreichten oft eine beträchtliche Höhe, so z. B. am Tempel von Edfu 30 m. Es erscheint auf den ersten Anblick, als ob sie lediglich ein Zierat gewesen wären. Man hat nun Gründe zur Annahme, daß diese Masten als Blitzableiter gedient hätten. So beschreibt eine alte Inschrift aus der ersten Zeit der Ptolemäer (323—30 v. Chr.) diese Mastbäume vor dem Tempel von Edfu auf das genaueste und erwähnt, daß sie den Blitz ableiten sollten. Diese Inschrift lautet in der Übersetzung nach Brugsch: „Dies ist der hohe Pylonbau des Gottes von Edfu, am Hauptsitze des leuchtenden Horns, Mastbäume befinden sich paarweise an ihrem Platze, um das Ungewitter an der Himmelshöhe zu schneiden" usw. Eine andere Inschrift tut kund, daß diese Mastbäume, um ihren Zweck besser zu erfüllen, oft „mit dem Kupfer des Landes beschlagen sind". Hohe, mit Kupfer beschlagene Masten müßten allerdings gute Blitzableiter gewesen sein. Die oben angeführte Inschrift erwähnt gleichzeitig die Obelisken als Blitzableiter und berichtet von ihnen folgendes: „Zwei große Obelisken prangen vor ihnen (den Mastbäumen), um das Ungewitter in der Himmelshöhe zu schneiden". Andere Inschriften teilen mit, daß die Obelisken, um als Blitzableiter zu dienen, an der kleinen ihnen aufgesetzten Pyramide, dem sogenannten „Pyramidion", mit einer Kappe aus reinem Kupfer oder aus vergoldetem Kupfer überzogen wurden.

Auch die Juden scheinen bereits Vorrichtungen angebracht zu haben, die die Ansicht nahelegen, daß es sich hier um Blitzschutzvorrichtungen gehandelt haben könnte. Die Spieße am Tempeldache waren mit Ketten verbunden, und diese mündeten in die Knäufe von zwei ehernen Säulen am Eingange der Halle. Die beiden Knäufe endeten in einem Wasserbehälter (1. Buch Könige 7, 17; 2. Buch Chronik 3, 17). Ein

weiteres wahrscheinliches Dokument über die Kenntnis des Blitzableiters gibt die Bibel im 4. Buch Mose 21, 6—9: „Sie zogen an den Berg Hor in der Edamiter Land. Der Herr sandte feurige Schlangen unter das Volk, daß ein großer Teil starb. Nun richtete Moses eine eherne Schlange auf." (1. Buch Könige 7, 13 usw.): „Und der König Salomo sandte hin und ließ holen Hiram von Tyrus ....., der war ein Meister im Erz, voll Weisheit, Verstand und Kunst, zu arbeiten allerlei Erzwerk. Da der zum König Salomo kam, machte er alle seine Werke. Und machte zwo eherne Säulen, eine jegliche 18 Ellen hoch, und ein Faden von 12 Ellen war das Maß um jegliche Säule her. Und machte zween Knäufe von Erz gegossen, oben auf die Säulen zu setzen, und ein jeglicher Knauf war 5 Ellen hoch ..... Und es stund also oben auf den Säulen wie Lilien." Der Ausdruck „und es stund oben auf den Säulen wie Lilien" läßt die Vermutung zu, daß damit Auffangspitzen am oberen Ende der Säulen gemeint waren. Im zweiten Buche der Chronik sind diese Säulen ebenfalls erwähnt, nur ist ihre Höhe um nahezu das Doppelte größer angegeben als oben (2. Buch Chronik 3, 15): „Und er machte vor dem Hause zwo Säulen, 35 Ellen lang; und der Knauf obendrauf 5 Ellen ...." — Daß vermittels so hoher Säulen eine gute Blitzableiterwirkung erzielt wurde, ist wohl einleuchtend. An diesen beiden Bibelstellen ist auch eine genaue Beschreibung der als Erdleitung dienenden Wasserbehälter gegeben. Ferner lautet eine Vorschrift (2. Buch Mose 27, 17): „Alle Säulen um den Hof her sollen silberne Querstäbe und silberne Haken und eherne Füße haben."

Vergleicht man hiermit verschiedene andere Bibelstellen (3. Buch Mose 10, 5. 2.; 4. Buch Moses 4.; 1. Buch Chronik 13, 9 u. 10 usw. usw.), so wird es wahrscheinlich, daß man im Altertum durch zufällige Beobachtungen die Erfahrung machte, daß der Blitz durch metallene Stangen abgeleitet bzw. daß durch metallene Vorrichtungen die Gefahr des Blitzschlages verhütet wird. Es ist durchaus nicht nötig, die elektrische Natur des Blitzes zu kennen, um derartige Erfahrungen zu sammeln. Martin und v. Urbanitzky sowie Hennig wenden sich allerdings gegen die Möglichkeit des Vorhandenseins von Blitzschutzvorrichtungen vor Franklin und schreiben ihre Annahme falschen Textauslegungen zu. Aber auch Hennig muß zugeben, daß „die alten Tatsachen, Sitten und Literaturstellen, aus denen man das Vorhandensein antiker Blitzableiter folgern zu können glaubte" (soweit sie nicht in das Gebiet des Wetteraberglaubens gehören oder auf falscher Textinterpretation beruhen), „schließlich auf eine zufällige und unbewußte richtige Anwendung der Franklinschen Blitzableitergesetze (Tempel in Jerusalem) zurückzuführen sind". Nach Ansicht des Verfassers kann es nicht zweifelhaft sein, daß man im Altertum — ohne die elektrische Natur des Blitzes zu kennen — auf Wegen der Erfahrung gefundene Blitzschutzvorrichtungen benutzte.

Die griechischen und dann auch die römischen Tempel sind in technischer Hinsicht sowohl durch die Entwicklung der Säulen wie auch durch die infolge der Säulenstellung bedingte Grundrißentwicklung bemerkenswert. Der älteste bekannte Tempel in Olympia und in Hellas überhaupt ist das Heraion, das Heiligtum der Hera. Seine Säulen weisen derartige Verschiedenheiten auf, daß man daraus schließen kann, sie hätten zuerst aus Holz bestanden und seien erst später nach und nach durch Steinsäulen ersetzt worden, was auch Pausanias (V 16) bestätigt, der sogar noch im 2. Jahrhundert n. Chr. alte Holzsäulen an Tempeln sowie auch Holztempel (VIII 10) sah. Auch Plinius erwähnt (XIV 1, 2, 9) Tempel mit Holzsäulen. In der Tat ist die Steinsäule aus dem vor ihrer Verwendung zur Stütze des Daches benutzten senkrecht gestellten Holzbalken hervorgegangen und zwar wahrscheinlich zunächst in Form der dorischen Säule. Der eben erwähnte Tempel der Hera erscheint als ein wichtiger

Beweis für die Ableitung des dorischen Stils aus dem Holzbau. Sehen wir von der Weiterentwicklung der Säulen in kunstgeschichtlicher Hinsicht ab, und würdigen wir ihre technische Rolle als tragendes Element an Bauten, insbesondere Tempelbauten, so zeigt sich, daß die älteste Tempelform der Säule ganz entbehren konnte. Sie bestand aus der einfachen Cella, die nichts enthielt als das Kultusbild und den Opfertisch oder den Räucheraltar. (Abb. 465, 466 und 467.) Dann wurden die beiden Seitenwände der Cella vorgeschoben und durch einen Stirnpfeiler (Ante, Parastas) abgeschlossen. Über diese vorgeschobenen Seitenwände wurde ein Dach gelegt, das noch durch zwei zwischen den Anten stehende Säulen getragen wurde. Es entstand also vor dem Tempel eine offene Vorhalle (Pronaos). (Abb. 468.) Der Tempel selbst erhielt dadurch eine neue charakteristische Form des Grundrisses (Antentempel, „templum in antis"). Um nun die Cella auch von hinten her zugänglich zu machen, brachte man auf der Rückseite gleichfalls eine solche Vorhalle an. Es entsteht ein neuer technischer Grundriß, gekennzeichnet durch das Hinterhaus (Opisthodomos). (Abb. 469.) In weiterer Entwicklung entsteht dann als nächste Tempelform

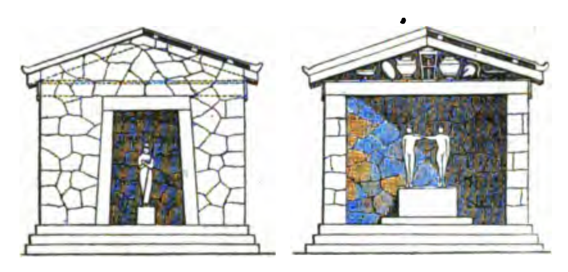


Abb. 465 u. 466. Ursprüngliche griechische Tempelformen.

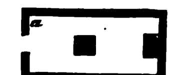


Abb. 467. Grundriß der ursprünglichen griechischen Tempelform. a Cella, b Kultusbild, c Opfertisch.

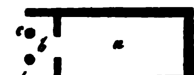


Abb. 468. Antentempel. a Cella (Naos), b Vorhalle (Pronaos), c Säulen, d Anten.

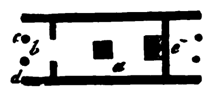


Abb. 469. Antentempel mit Hinterhaus. e Opisthodomos.

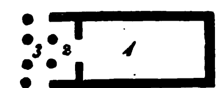


Abb. 470. Grundriß des „Prostylos".

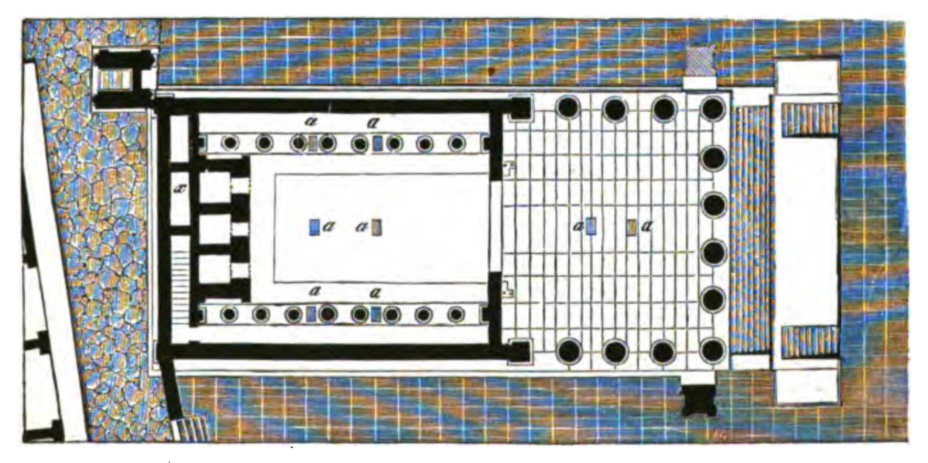


Abb. 471. Plan eines „Prostylostempels". Jupitertempel zu Pompeji. a a Öffnungen, um dem unter dem Tempel befindlichen Kellerraum Licht zuzuführen.

der „Prostylos", bei dem die Vorhalle des Tempels durch Säulen, aber nicht mehr durch Wände und Anten getragen wird. (Abb. 470 und 471, S. 353.) Der Prostylos kann mit einer einfachen rechteckigen Cella oder mit einem templum in antis verbunden sein. Wird auch hinten am Tempel ein Prostylos angebracht, so entsteht der „Amphiprostylos". Wird die Säulenhalle rings um die ganze Cella herumgeführt, so daß um alle vier Seiten des Tempels herum ein freier Umgang besteht, so ergibt sich der „Peripteros" (Abb. 472, 473, 474 und 475), ein Name,

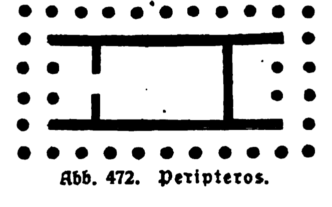


Abb. 472. Peripteros.

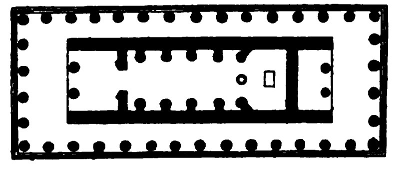


Abb. 473. Beispiel eines Peripteros-Tempels (Plan des Apollo-Tempels zu Bassae).

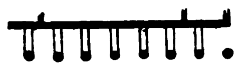


Abb. 475. Besondere Abart des Peripteros, wobei die Säulen durch niedrige Mauern mit der Längswand der Cella verbunden sind, so daß zur Aufnahme von Weihgeschenken dienende Kapellen entstehen.

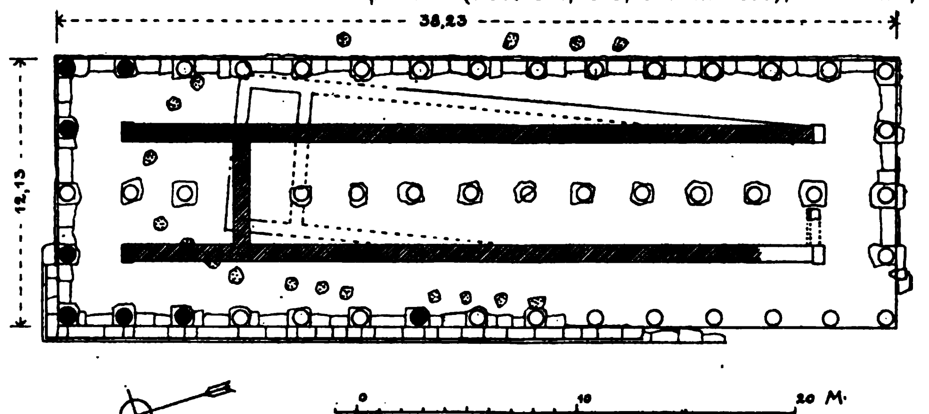


Abb. 474. Peripteros-Tempel mit 5 Frontsäulen (Tempel in Thermos in Aitolien). Die Peripteros-Tempel haben meist 6 Frontsäulen, an den Langseiten meist die doppelte Anzahl der Frontsäulen (die Ecksäulen stets mitgezählt). Abb. 473 und 474 zeigen Ausnahmen von dieser Regel.

der sich von der Benennung der seitlichen Säulenhallen als „Flügel" (πτερόν) herleitet (Parthenon). Die Römer bildeten aus dem Peripteros noch eine besondere Abart, den „Pseudoperipteros". Bei ihm sind die Säulen nicht mehr dazu da, das Dach des Umgangs zu tragen, sie sollen vielmehr nur von vorne einen Peripteros vortäuschen. Zu diesem Zwecke sind sie als Halbsäulen an die Seitenwände angefügt. Wird die Säulenreihe des

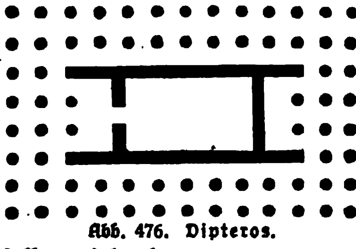


Abb. 476. Dipteros.

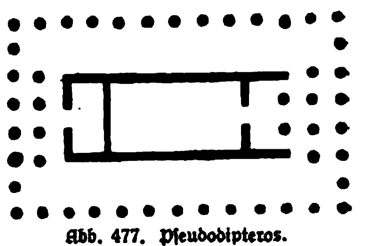


Abb. 477. Pseudodipteros.

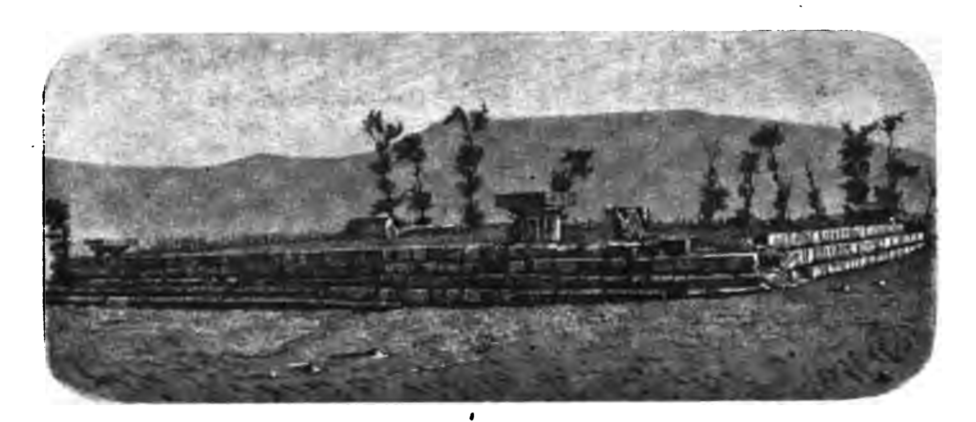


Abb. 478. Reste eines Pseudodipteros.
Tempel auf dem Forum triangulare zu Pompeji, bei dem sich aus den vorhandenen Säulenresten und ihrer gegenseitigen Entfernung der Tempeltyp genau bestimmen ließ. Der Unterbau ist von der die griechischen Tempel kennzeichnenden Stufenreihe umgeben.

Peripteros verdoppelt, so daß also zwei Umgänge entstehen, so entsteht der „Dipteros" (Abb. 476, S. 354) aus dem sich wieder der „Pseudodipteros" (Abb. 477, S. 354) herausbildet, bei dem die innere Säulenreihe fehlt. Der Zwischenraum zwischen Cellawand und Säulenreihe ist aber ein so großer, als ob zwei Säulenreihen vorhanden wären (Tempel auf dem Forum triangulare zu Pompeji). (Abb. 478.) Der griechische Tempel war stets von West nach Ost derart eingestellt, daß man ihn vom Osten her betrat, während das Tempelbild im Westen stand. Die römischen Tempel zeigen keinerlei Orientierung und stehen so, wie man sie eben gerade hinstellte. Die griechische Tempelcella hat stets den Grundriß eines langgestreckten Vierecks, die römische bildet zunächst die Hälfte eines Quadrats, dessen andere Hälfte durch die Vorhalle gebildet wird. Als später aus dem Quadrat des Grund-



Abb. 479. Römischer Tempel (Rundtempel) auf stufenlosem Unterbau.
(Sog. „Tempel der Sibylle" zu Tivoli.)

risses durch Vergrößerung ein Rechteck wird, bleibt diese Halbierung bestehen. Die Schwelle der Cella halbiert beim römischen Tempel stets den Grundriß der Tempelanlage. Des weiteren zeigen die griechischen Tempel eine ringsumlaufende Stufenreihe, während die römischen auf einem Unterbau stehen, zu dem nur von der Vorderseite her die Treppenanlage emporführt. (Abb. 478 und 479.)

Die Theater.

Eine große Rolle spielten im Altertume die **Theater**, von denen wir, wenn wir von den in technischer Hinsicht nichts Interessantes darbietenden Zirkussen und Stadien absehen, in der Hauptsache zwei Arten zu unterscheiden haben: die eigentlichen Theater oder Schauspielhäuser und die Amphitheater, wo neben Schauspielen auch alle mög-

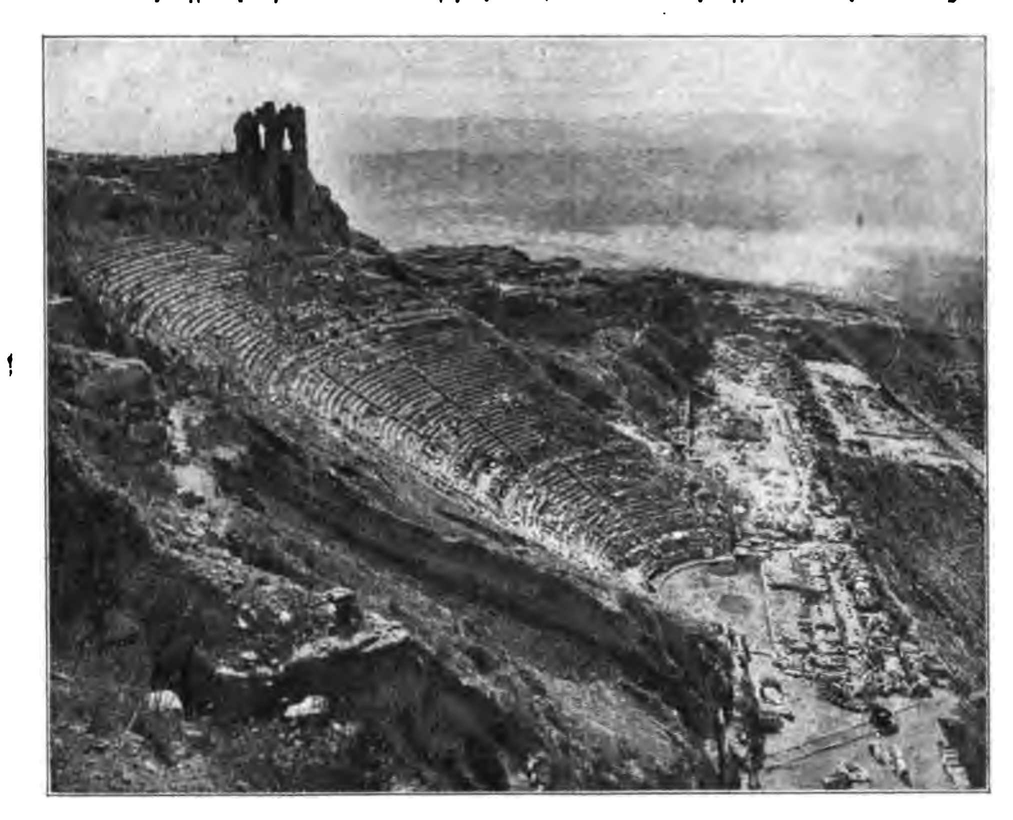


Abb. 480. Das Theater in Pergamon.
Dieses Theater zeigt alle Teile des griechischen Theaters in übersichtlicher Weise: die Bergwand dient als Unterbau für den Zuschauerraum; auf der davor liegenden Terrasse die Orchestra, hinter dieser das Skenenhaus. (Siehe Abb. 481.)

lichen sonstigen Aufführungen, Gladiatoren- und Tierkämpfe, Seegefechte usw. usw. stattfanden. Von ihnen erfreuten sich in Griechenland die eigentlichen Theater, die Schauspielhäuser, einer hohen Verehrung; sie waren nach den Tempeln die vornehmsten Gebäude, kam dem Schauspiele doch eine gottesdienstliche Bedeutung zu,

die insbesondere in dem Kultus des Dionysos gipfelte. In seiner ältesten Form wird das Theater wohl nichts anderes gewesen sein als das, was wir heute als „Festwiese“ zu bezeichnen pflegen, ein abgegrenzter Rasenplatz, in dem die Aufführungen



Abb. 481. Die Orchestra des Theaters von Pergamon, vom Zuschauerraum aus gesehen.
Die Vertiefung im Mittelgrunde trug die Thymele, dahinter war das Skenenhaus, dessen Pfostenlöcher noch sehr gut erhalten sind. Rechts und links vor dem Skenenhaus die Parodoi. An ihrer Mündung in die Orchestra ausgebrochene Stellen an der vorderen Steinfassung des Skenenhauses, an denen Zugänge in dieses führten. Rechts und links vorne im Skenenhaus erhöhte Teile, die Überreste der Paraskenien

stattfanden und um den die Zuschauer herumstanden. Dann schlug man bretterne Gerüste auf, auf denen sich die Handlung abspielte. Um den Besuchern das Verfolgen der Vorgänge auf der runden Bretterbühne, der „Orchestra“, zu erleichtern, errichtete

man diese am Fuße eines Hügels, auf dessen Hängen sich die Zuschauer aufstellten. Da das Stehen unbequem war, und um Ordnung in die Zuschauerräume zu bringen, hat man dann auf diesem Hügel kleine übereinanderliegende Terrassen ausgeschaufelt, auf denen je eine Reihe von Zuschauern Platz fand. Von hier bis zum Bau richtiger steinerner Zuschauerräume war nur noch ein Schritt. Schon die ältesten uns erhaltenen Theaterreste von Knossos lassen diese Zweiteilung des Theaters in Spielraum (Orchestra) und Zuschauerraum (Theatron) erkennen. Dann kam noch ein weiterer, dritter Teil hinzu, die „Skene", ein Holzbau, aus dem die Schauspieler herauskamen, und in dem sie, nachdem sie gesprochen hatten, wieder verschwanden. Das im 4. Jahrhundert v. Chr. gebaute Theater zu Athen war bereits aus Stein gebaut mit Ausnahme der Skene, deren Boden nach wie vor auf Holzgerüsten lag. Die Orchestra hatte man aber schon früher vereinzelt aus Steinkonstruktion hergestellt. Das Theater lag am Fuße der Akropolis und benutzte einen Teil des Felsens als Hinterwand und Unterbau. Auch sonst liebte man es in Griechenland, die Theater in Felsen oder derart in Hügel hineinzubauen, daß diese eine natürliche Rückwand und zugleich einen ebensolchen Unterbau darstellten. (Abb. 480.) Die allgemeine Anlage des griechischen Theaters ist die folgende: (Abb. 482, S. 359) Um die kreisförmige Orchestra gruppieren sich alle anderen Teile herum. Die Orchestra hat um 400 v. Chr. einen Fußboden aus Erde und trägt in der Mitte einen Altar, die „Thymele", um den herum sich der Chor bewegte. Sie wird von dem amphitheatralisch aufsteigenden Zuschauerraum umgrenzt, der sich an einen Hügel anlehnt oder auf einem künstlichen Untergrunde steht, der aus Mauern und Erdfüllungen geschaffen wird. Ihm gegenüber liegt die Skene, die ihren Namen von der anfänglichen Dürftigkeit ihres Aussehens herleitet (σκηνή = Hütte, Zelt) und eine meist wohl ungerade Zahl von Türen hat, von denen die mittlere als die des Königs bezeichnet wurde. Später wird der Bühnenraum, auf dem die Haupthandlung des Dramas vor sich ging (das Logeion), gewöhnlich nicht nur im Hintergrunde, sondern auch auf seinen beiden Seiten von dem manchmal sogar dreistöckigen Gebäude der Skene eingeschlossen. Die Skene hat an beiden Seiten Vorsprünge (Paraskenien), die dazu dienen, eine bemalte Wand, das Proskenion, zwischen sich aufzunehmen. Der Hintergrund der Bühne konnte später mittels einer eigenen Vorrichtung (der Exostra oder des Ekkyklema) auseinandergeschoben werden, wodurch man dann ins Innere des Gebäudes und die dort sich abspielenden Vorgänge blicken konnte. Das Theater wurde von den beiden Zwischenräumen zwischen Skene und Zuschauerraum her betreten. Diese Zugänge, die Paradoi, dienen auch dazu, das Betreten der Orchestra zu ermöglichen. Die Bühne hat von hinten her Zugänge. Solche sind auch an den Seiten der Skene, den Paraskenien angebracht. Die Bühne kann aber außerdem von vorn bestiegen werden, jedoch nicht, wie man früher annahm, über eine Treppe, sie liegt vielmehr auf gleicher Höhe mit der Orchestra (Dörpfeld und Reisch). Das Theater war mit mancherlei Maschinerien ausgestattet, durch die nicht nur, wie eben erwähnt, der Hintergrund der Bühne geöffnet, sondern auch Versenkungen vorgenommen, verschiedene Dekorationsstücke gezeigt werden konnten usw. usw. Die Theater hatten auch eine unseren Kulissen ähnelnde Dekorationsvorrichtung, die Periacten. Es waren dies dreiseitige am Paraskenion stehende Prismen, wohl aus Holz, die sich auf Pfosten drehten. Ihre Seiten boten verschiedene Ansichten dar und wurden immer so gegen die Zuschauer gedreht, wie es das Stück gerade erforderte. Wahrscheinlich konnten die Dekorationen an den Seiten dieser Periacten sogar abgenommen und dadurch noch weiter gewechselt werden. Der

Zuschauerraum war durch einen breiten, parallel den kreisförmigen Begrenzungsmauern laufenden Gang (Diazoma), oft auch durch mehrere solche Gänge sowie durch von oben herabführende Treppen in einzelne Sitzblocks (Kerkis) eingeteilt. Die Reihen unten dicht an der Orchestra oder auf dem Diazoma waren die vornehmsten Plätze, wo die Priester und Standespersonen sowie solche saßen, denen dieses Ehrenrecht, die „Proedrie", verliehen war.

Auch die römische Bühne war im Anfang ein Brettergerüst, vor dem die Zuschauer standen. Erst nach 145 v. Chr. erbaute man hölzerne Zuschauerreihen. Das erste steinerne Theater ließ Pompejus im Jahre 55 v. Chr. aufführen. 13 v. Chr. entstand das Theater des Marcellus, von dem heute noch Reste erhalten sind. Auch das römische Theater hatte dieselben drei Teile wie das griechische, nämlich den

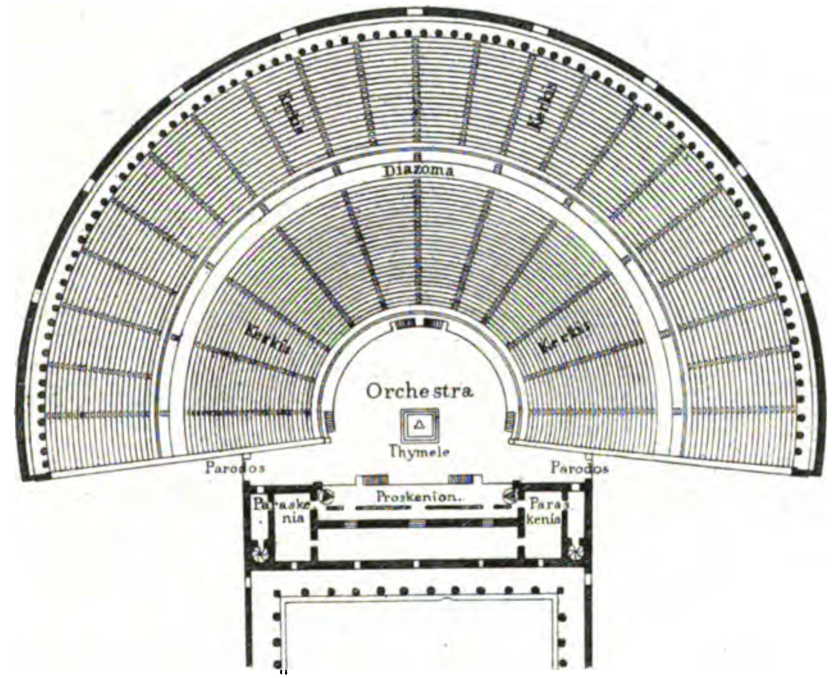


Abb. 482. Grundriß des griechischen Theaters.

Zuschauerraum, bei den Römern „cavea" genannt, die Orchestra und die Bühne, die „scena". Es unterscheidet sich vom griechischen Theater in bezug auf bauliche Anordnung fast in keiner Weise. Die Gleichartigkeit geht so weit, daß der Bühnenraum auch hier bei einer verhältnismäßig sehr großen Breitenausdehnung eine nur sehr geringe Tiefe zeigt, so daß er in den Grundrissen der Ruinen nur als langes schmales Rechteck erscheint. Es unterscheidet sich vom griechischen Theater zunächst durch das Fehlen des Altars auf der Orchestra, was sich daraus erklärt, daß dem römischen Theater eine gottesdienstliche Bedeutung nicht mehr zukommt. Die Orchestra wird mit Zuschauerreihen ausgebaut, auf denen die vornehmen Gäste Platz nehmen (Podium). Sie wird dadurch sehr klein. Da Orchestra und Bühne beim griechischen Theater auf gleicher Höhe liegen, so kann man von den auf der Orchestra befindlichen Plätzen

aus die Skene bzw. den Platz, auf dem die Schauspieler sprechen, das „Pulpitum“, schlecht übersehen. Diese wird daher vertieft. Außerdem bekommt die römische Bühne einen Vorhang (aulaeum), und dann spannte man über dem Zuschauerraum, um die Gäste vor der Sonne zu schützen, Decken aus, eine Sitte, die im griechischen

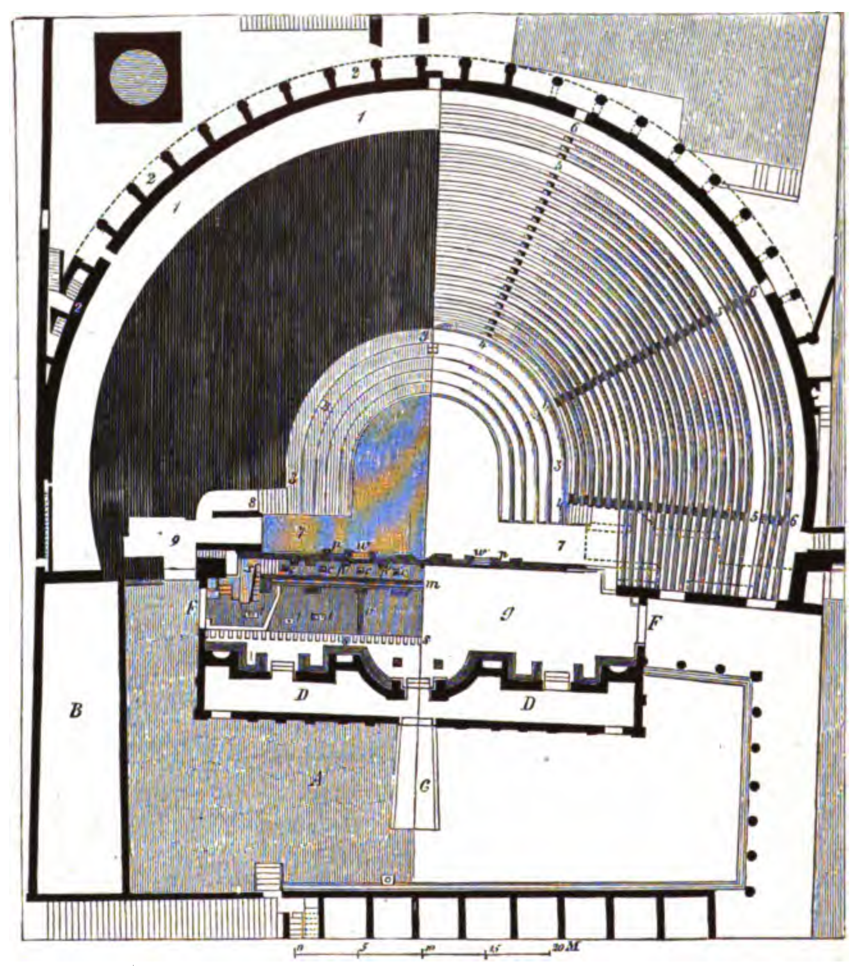


Abb. 483. Plan eines offenen römischen Theaters (das große Theater zu Pompeji).
Rechts: Sitzreihen und Bühne mit dem Fußboden; links ist durch Wegnahme von Teilen und des Fußbodens ein Einblick in die Gänge, Treppen und in den Unterbau der Bühne ermöglicht. 1 Gewölbter Umgang; 2 Korridor; 3 Umgang; 4 Treppen; 5 Ausgangstür; 7 Ausgänge in die Orchestra; 8 Türen. A Hof, in dem sich der Chor aufstellte; B Garderobe; C Rampe; D Aufenthaltsräume für die Schauspieler; d Steinringe zum Befestigen des Sonnensegels; p Raum, worin sich der Vorhang zusammenlegte; x Treppe zu den unteren Räumen.

Theater noch nicht eingeführt gewesen zu sein scheint. Hier war höchstens die Skene mit einem Dache versehen, auch hatte wohl der oberste, von Säulen getragene Umgang ein solches. Alle übrigen Teile des Theaters befanden sich unter freiem Himmel. (Abb. 483—485 und 486 S. 362.)

Die antiken Theater waren außerordentlich groß, manche faßten bis zu 20000 Personen. Infolgedessen mußte man für eine gute Akustik sorgen. Abgesehen davon, daß man schon bei der Anlage der Theater eine befriedigende Schallwirkung zu erzielen suchte, brachte man in den Nischen noch besondere Schallgefäße (Echeia, Vitruv V 5) an. Außerdem aber verstand man es, durch die Ausgestaltung der Masken, die die Schauspieler trugen, noch eine besondere Schallverstärkung zu erzielen. Schon mehrfach ist die Frage aufgetaucht, warum man denn eigentlich diese Masken so lange Zeit beibehalten hat, die doch für die Schauspieler eine Belästigung darstellten, und warum man nicht an ihre Stelle die natürliche Mimik setzte. An die Stimme wurden in Anbetracht der Größe und mangels jeglicher Geschlossenheit der antiken Theater beträchtliche Anforderungen gestellt. Kein Schauspieler wäre imstande gewesen, bei einer größeren Rolle die notwendige lange Zeit hindurch so zu schreien, daß man ihn überall verstanden hätte. Da hatte man bald heraus, daß sich der geöffnete Mund der Maske

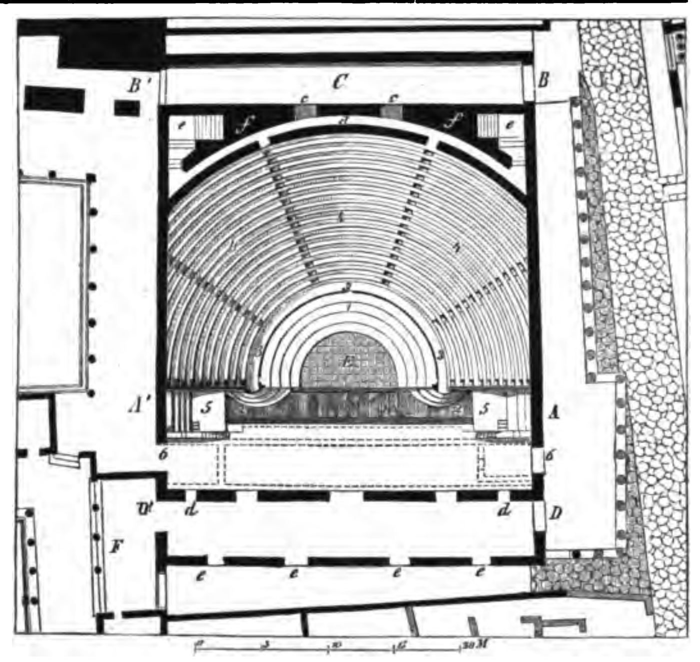


Abb. 484. Plan eines bedeckten römischen Theaters (das „kleine Theater" zu Pompeji). Das Theater ist ringsum von Mauern umschlossen, auf denen wahrscheinlich ein von Säulen getragenes Holzdach derart aufruhte, daß zwischen Mauern, Säulen und Dach Licht ins Innere fiel. — AA' Eingang zur Orchestra; BB' Eingang zum gewölbten Gang; C, D Eingang über die Bühne zu den „Logen" 5,5; D' Eingang zur Gladiatorenkaserne; F Vorhalle 1 Sitzreihen für die Honoratioren; 2 Treppen; 3 kleiner Umgang, 44 Sitzplätze.



Abb. 485. Römisches Theater zu Fiesole.
Blick von der Bühne gegen den an einen Hügel eingebauten Zuschauerraum. Links Zugänge zur Orchestra und zur Bühne.

sehr leicht zu einer Art von Sprachrohr ausbilden ließ. Der Mund aller antiken Theatermasken ist in ganz eigenartiger Weise zugeschnitzt. Auf Veranlassung von Castex sind derartige Masken nachgebildet und zu besonderen akustischen Versuchen



Abb. 486. Rekonstruktion eines römischen Theaters (Theater von Ostia).

verwendet worden, bei denen sowohl Schauspieler wie auch Sänger der verschiedensten Tonlage, also Bässe, Soprane usw. ihre Unterstützung liehen. Zu den Versuchen wurden auch Zuschauer herangezogen, so daß man ein nach den mannigfachsten

Richtungen hin vollständiges Bild von der Wirkung der Maske erhielt. Da zeigte sich nun schon bei den ersten Versuchen die geradezu auffallende Wirkung des Maskentragens. Den Zuhörern gegenüber gewann die Stimme an Stärke: leise, nicht mehr verständliche Deklamationen konnten von ihnen, wenn mitten in der Rede ohne Steigerung der Stimme die Maske vorgehalten wurde, sofort deutlich vernommen werden. Des weiteren gewann die Stimme an Klarheit, und zwar war diese Wirkung bei den hohen Tönen bedeutend größer als bei den tiefen. Eine Verschleierung des Tons durch die Maske trat nicht ein, ebenso war ein Nasalwerden nicht festzustellen. Die eigenartige Gestalt der Mundöffnung bewirkt, daß die Stimme nicht nur gerade nach vorne zu, sondern auch nach den Seiten des Zuschauerraums hin in verstärktem Maße hörbar wird. Der Künstler hat sofort das Gefühl, daß seine Stimme nunmehr weiter trägt. Für ihn sind die einfachsten Gesichtsmasken besser jedoch als jene, wie sie gleichfalls z. B. für Tierfiguren verwendet wurden, die auch noch den Kopf bedecken. In diesen wirkt die Stimme summend. Das Ergebnis aller dieser Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß die alten Schauspieler sehr wohl wußten, was sie taten, wenn sie die Maske beibehielten.

Amphitheater.

Das Amphitheater besteht aus zwei zusammengerückten Theatern oder, wie man es auch auffassen kann, aus einer ringsum von Zuschauerplätzen um-



Abb. 487. Das Kolosseum Rom (Außenansicht)

gebenen Orchestra. Da aber eine solche Orchestra ähnlich der Manege unserer heutigen Zirkusse infolge ihrer runden Form nur wenig Bewegungsfreiheit darbot,

angebracht war, schloß meist die unterste Reihe des Zuschauerraums gegen den Spielplatz ab. Dieser selbst ist bei vielen Amphitheatern unterkellert und so einge-



Abb. 492. Ummauerung des Zuschauerraums am Amphitheater Verona.



Abb. 493. Gang und Stützpfeiler unter dem Zuschauerraum am Amphitheater Verona.

richtet, daß die Arena oder Teile von ihr zwecks Ausführung von Wasserschauspielen unter Wasser gesetzt werden können (Kolosseum Rom). Die Unterkellerungen sind

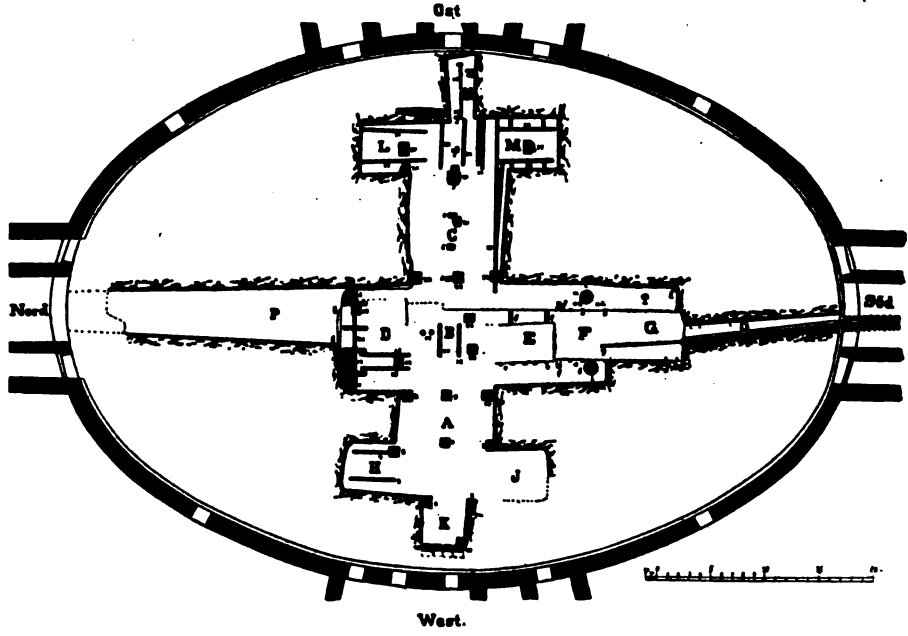


Abb. 494. Die Unterkellerungen und Maschinenanlagen im Amphitheater Trier.

D, B, E, F, G Hauptmaschinenraum; bei D und F große runde Pfostenlöcher; bei D aus Balken und Querhölzern bestehende Reste der Maschinerie, davor Reste einer hölzernen Aufzugsvorrichtung; im Korridor O Entwässerungsräume für den Keller.

teilweise im Erdreich ausgeschachtet (Metz) oder mit großer Mühe aus dem festen gewachsenen Felsen herausgearbeitet. Dies ist z. B. in Trier der Fall, wo die Keller-



Abb. 495. Unterkellerung (Käfig?). Amphitheater Trier.

räume bis zu 4½ m Tiefe hinabgehen. (Abb. 495 und 496.) Die Decke, auf deren Oberseite sich die Arena befand, wurde durch starke Holzpfosten getragen. Um das



Abb. 496. Einzelheiten der Ummauerung. Amphitheater Verona.

für die Schauspiele gebrauchte Wasser wieder abzuführen, sind besondere Bewässerungsanlagen vorgesehen. In Trier führt ein Kanal von 100 m Länge und

zwei Meter Höhe in den Olewiger Bach. Die Amphitheater besaßen meist noch besondere Maschinenräume, die unter der Arena lagen, und die zum Heben und Senken der Versenkungen, zum Öffnen der Wasserbassins und zu sonstigen heute nicht mehr vollkommen bekannten Zwecken dienten. (Abb. 494 S. 366.) Die gewaltige Größe mancher derartiger Amphitheater ist ja weltbekannt. Das Kolosseum Rom faßte über 80 000 Zuschauer.

Bäder.

Nicht minder ausgedehnt, in bezug auf ihre Anlage und an Großartigkeit der Abmessungen den Amphitheatern oft kaum nachstehend, waren die **Bäder**, die sich gleichfalls fast in allen römischen Niederlassungen finden. Diese Bäder, die **Thermen**, stellen zur Zeit des höchsten Luxus weitläufige Gebäudekomplexe dar, die eine Unzahl von Räumen enthalten, deren Bestimmung sich im einzelnen Fall oft kaum mehr

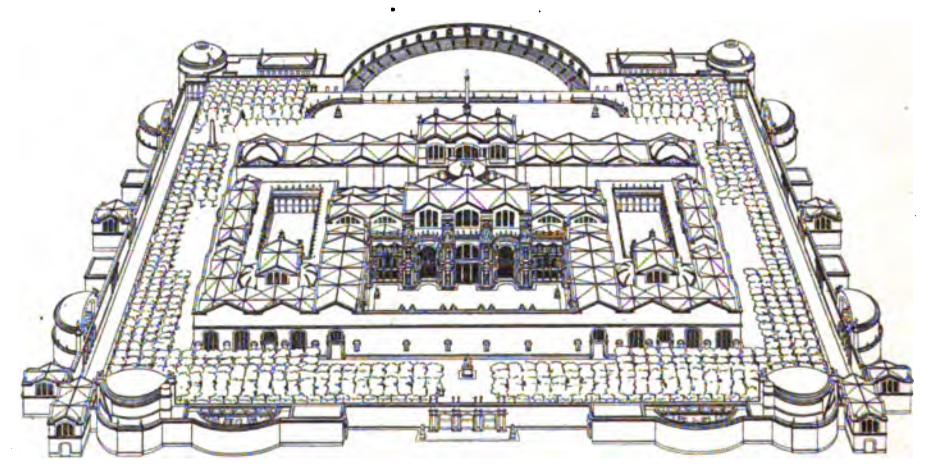


Abb. 497. Die Thermen des Diokletian. Rekonstruktion.

feststellen läßt. (Abb. 497 bis 511.) Aber ebenso wie bei den kleineren älteren und den in den Provinzstädten befindlichen Bädern enthält eine solche Badeanlage in der Hauptsache folgende Teile: den Auskleideraum (Apodyterium), das kalte Bad (Frigidarium), das Schwitzbad (Caldarium, Sudatorium) und einen halbwarmen Raum, in dem man sich nach dem Schwitzbad aufhielt, das „Tepidarium". Hierzu kommen dann noch die zur Heizung usw. dienenden Einrichtungen, die im Abschnitte „Heizung und Beleuchtung" eingehend geschildert sind. Alle diese Räume bieten in technischer Hinsicht nichts besonders Bemerkenswertes dar, es sei denn, daß sich das Auge des Technikers an einzelnen besonders praktischen Einrichtungen erfreut. So kann man sich beim Gebrauche der Bäder sehr leicht erkälten, wenn Zugluft entsteht. In den Thermen zu Pompeji sind daher die Türpfosten geneigt, so daß sich die an ihnen hängenden Türflügel durch ihr eigenes Gewicht von selbst schließen mußten, sobald man sie offen ließ. Dadurch konnte weder Zug entstehen, noch konnte die Hitze aus dem Caldarium entweichen. Die Sitze des Schwitzbades waren aus Holz, da Stein zu viel Wärme abgeleitet hätte. Die Malerei fehlt hier ganz, was beweist, daß man — und mit

Recht — der Beständigkeit der Farben und ihrem Haften auf dem Untergrunde bei der feuchten Hitze nicht recht traute. Über die gleichmäßige Verteilung des Dampfes im Schwitzbad und die Regulierung der Hitze macht Vitruv folgende Angaben (V 10): „Die Schwitzbäder müssen mit dem lauen Bad in Verbindung gebracht werden, und diese sollen so breit sein, als sie in der Höhe messen bis zum Scheitel der halbkugelförmigen Wölbung, und in der Mitte dieses Halbkugelgewölbes lasse man eine Lichtöffnung, von welcher an Ketten eine eherne Scheibe herabhängen soll, durch deren Zurückziehen und Herablassen der Hitzegrad des Schwitzbades bestimmt werden kann;

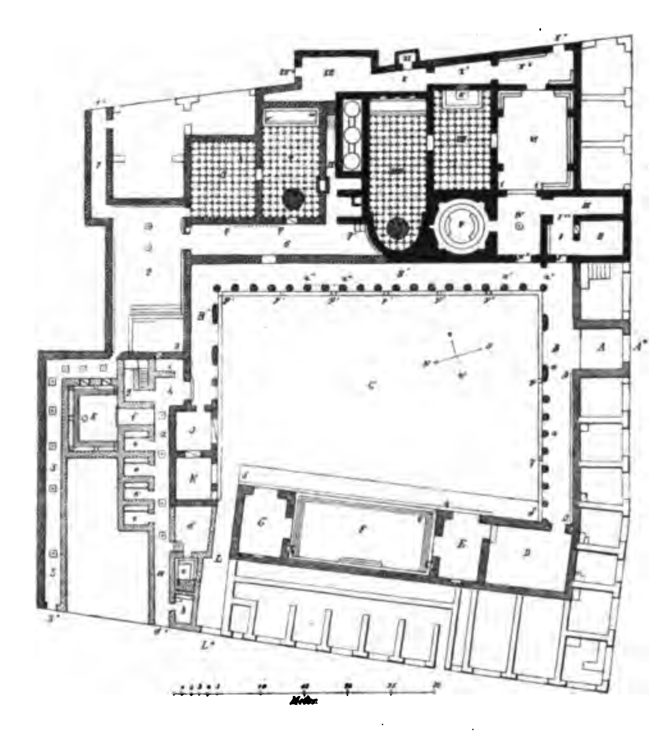


Abb. 498. Plan der größeren Thermen (Stabianerthermen) zu Pompeji.

A" Haupteingang; A Vestibulum; B B' B" Umgang; C großer Hof für Leibesübungen (Palaestra); D Apodyterium; E Zimmer; F Frigidarium; G Zimmer; VI Apodyterium; VII Tepidarium; VIII Caldarium; IX Heizeinrichtung.

Die Einrichtung ist eine noch verhältnismäßig einfache, ebenso bei den „kleinen Thermen". Man vergleiche sie mit den großen römischen Thermen (Agrippa-, Diokletian-, Caracalla- und Titusthermen (Abb. 497 S. 368, 504 S. 373, 506 S. 374, 507 S. 375, 508 S. 376, 509 und 510 S. 377, 511 S. 378), die die Großartigkeit und technische Gliederung der Anlagen und Reste zeigen.

die lakonische Halle selbst aber scheint kreisförmig gemacht werden zu müssen, daß die Hitze der Flamme und des Dampfes von der Mitte aus gleichmäßig die ganze Rundung des kreisförmigen Raumes durchstreiche."

Literatur zum Abschnitte: „Monumentale und öffentliche Bauten" siehe hinter dem Abschnitte: „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

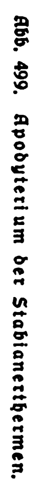


Abb. 499. Apodyterium der Stabianerthermen.

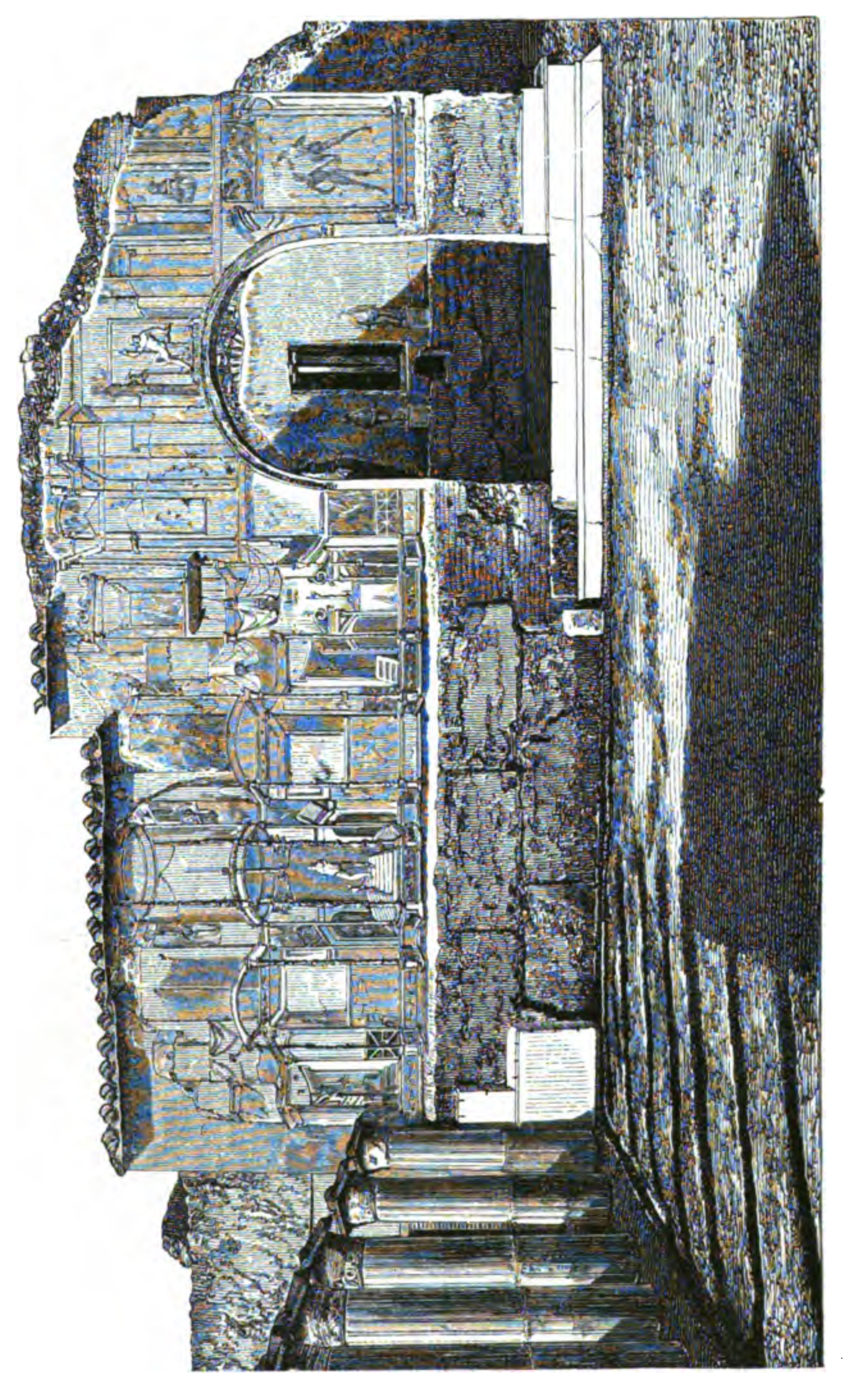


Abb. 500. Die „Palaestra" der Stabianerthermen zu Pompeji.

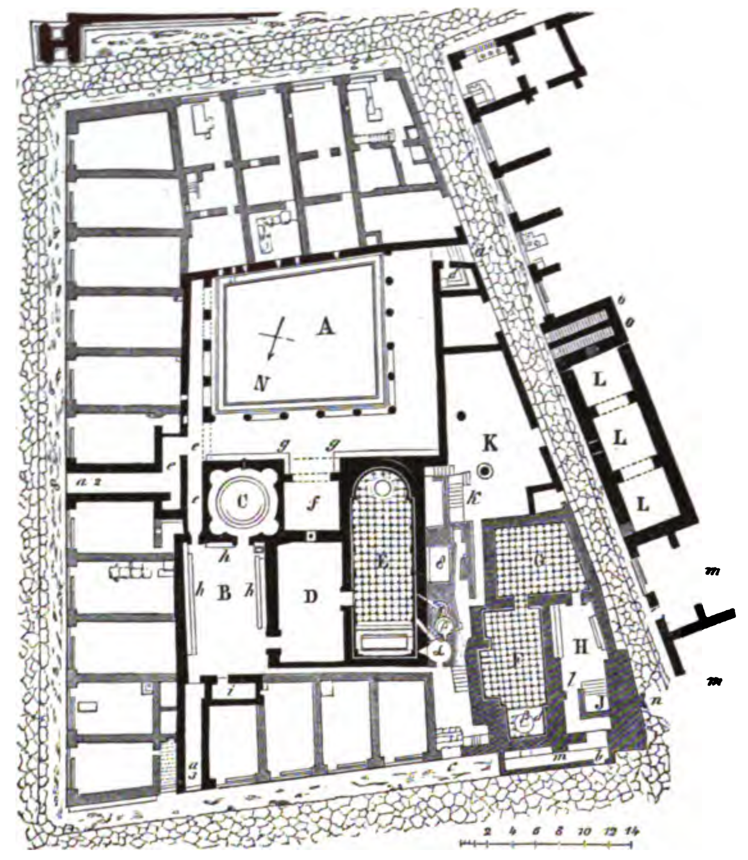


Abb. 501. Plan der „kleinen Thermen" zu Pompeji.
A bis E Männerbad; F bis I Frauenabteilung; a 1, 2, 3 Eingänge zum Männerbad; A innerer Hofraum; d Abtritt; e Korridor; B Auskleidezimmer (Apodyterium); f Exedra (Zimmer mit Ruhebänken); C kaltes Bad; D Tepidarium; E Caldarium; F Caldarium; G Tepidarium; H Apodyterium; I Frigidarium; K Hof; L Zisterne.

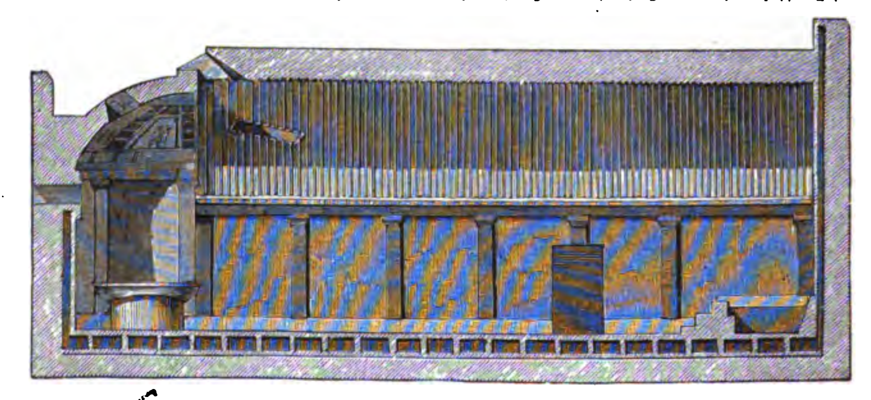


Abb. 502. Durchschnitt durch das Caldarium der Männerabteilung in den kleinen Thermen zu Pompeji.

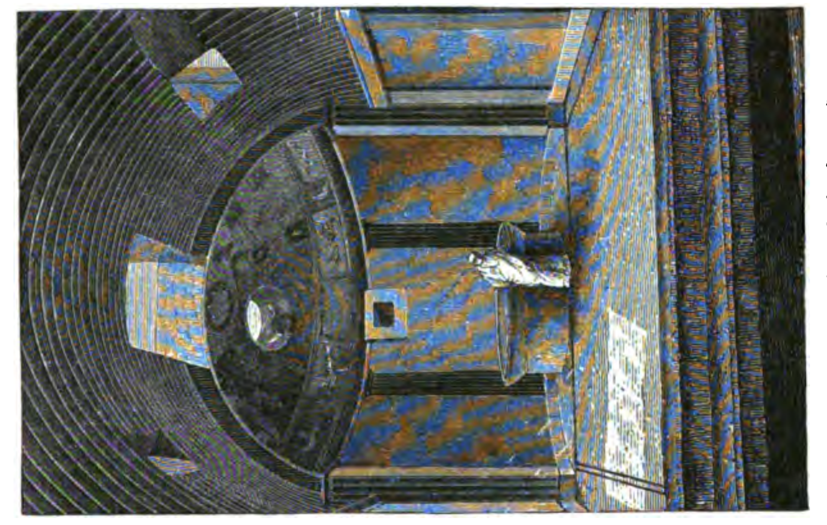


Abb. 503. Das Caldarium der Männerabteilung in den kleinen Thermen zu Pompeji.

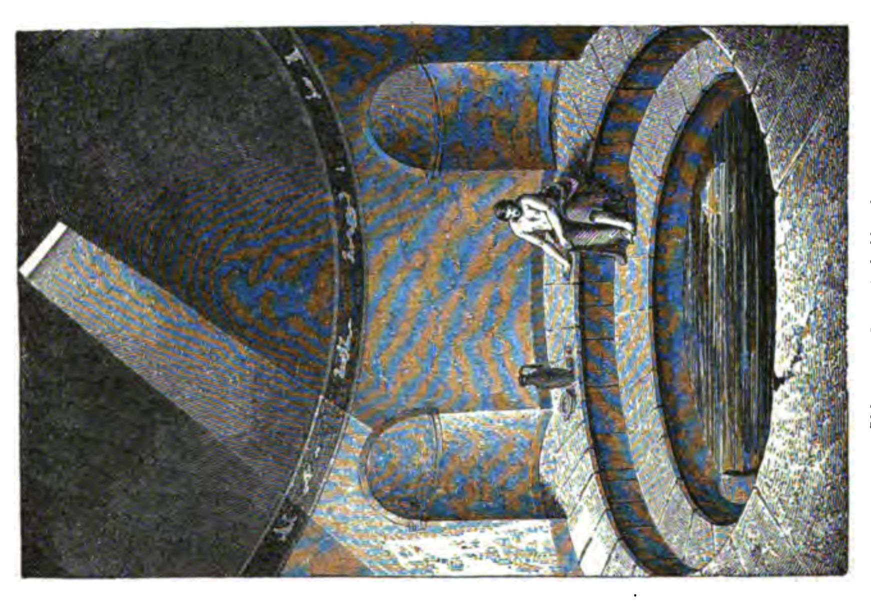


Abb. 504. Das Frigidarium der Männerabteilung in den kleinen Thermen zu Pompeji.



Abb. 505. Das Tepidarium der Männerabteilung in den kleinen Thermen zu Pompeji.



Abb. 506. Ruinen der Titusthermen.

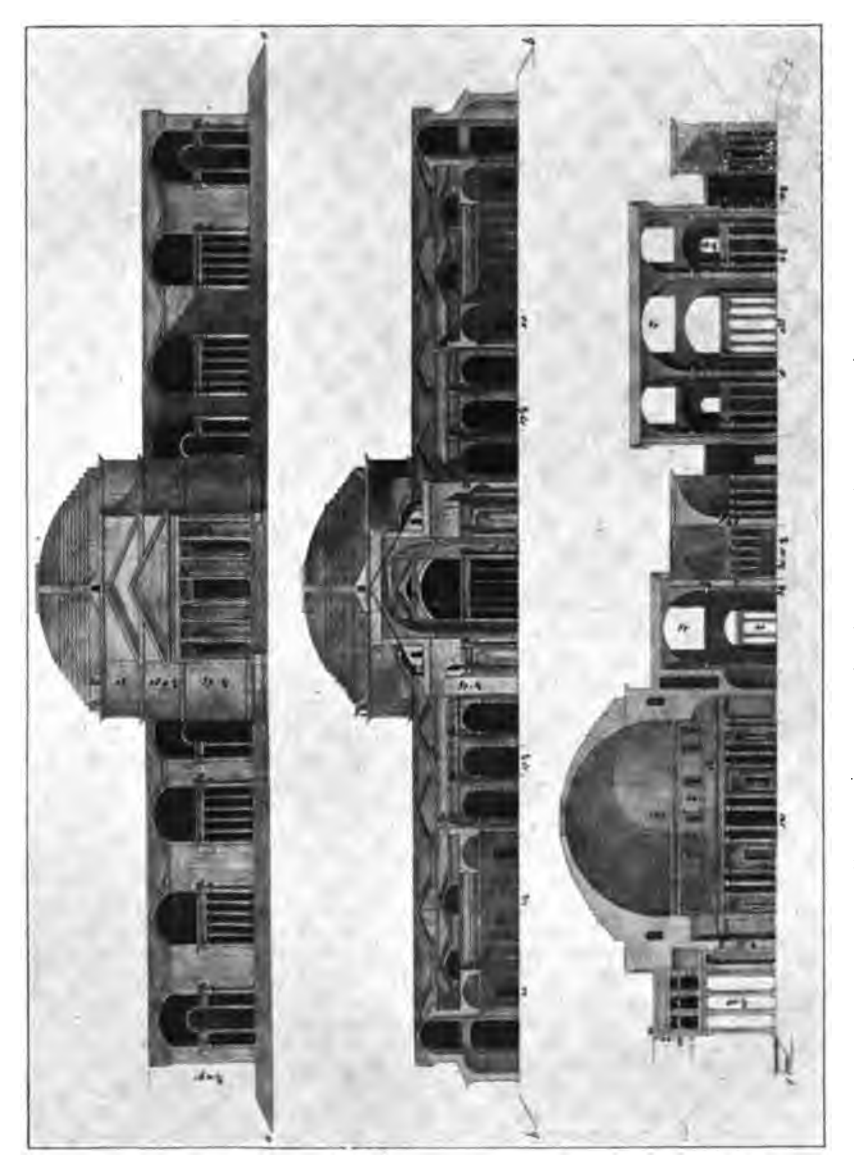


Abb. 507. Rekonstruktion der Thermen der Agrippa in Rom.
Grundriß und Rekonstruktion zeigen die klare Übersichtlichkeit und Großzügigkeit der Anlage.
(Grundriß siehe Seite 378.)

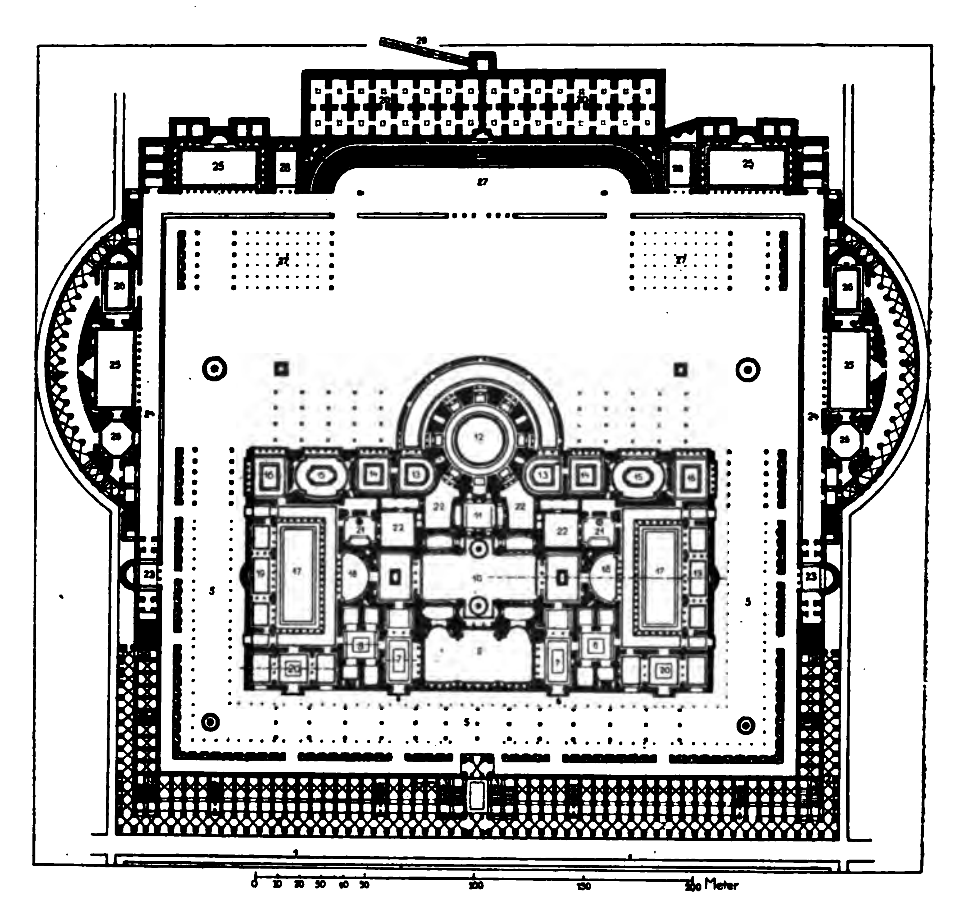


Abb. 508. Grundriß der Hauptgebäude der Thermen der Caracalla zu Rom.

Der Grundriß zeigt die reiche Gliederung der Anlage des Hauptgebäudes. Die Thermen stellten in ihrer Gesamtanlage fast allein eine Stadt dar. Die von der Anlage bedeckte Fläche belief sich auf ungefähr 330 qm. Die Bestimmung der einzelnen Räume hat sich nur teilweise mit Sicherheit wieder feststellen lassen. Wir finden aber auch hier die hauptsächlichsten und für die Thermen kennzeichnenden Abteilungen, nämlich: gegenüber den auf beiden Seiten (etwa bei 23) befindlichen Eingängen je eine Palaestra (47) (Ringschule), ferner ein großes Caldarium (12) und ein gleichfalls durch seine Größe ausgezeichnetes Frigidarium (9), außerdem zahlreiche Ankleidezimmer, ferner ein großes Tepidarium (wahrscheinlich, jedoch angezweifelt, 10). Die Bestimmung aller übrigen Teile der großen Anlage ist verschiedentlich erörtert, aber nirgends mit derartiger Sicherheit festgestellt worden, daß wir sie als einwandfrei wiedergeben möchten. Die Thermen gewährten 1600 Badenden Raum und waren mit höchstem Luxus ausgestattet. Ihre Überreste (siehe Abbildung 509 und 510 S. 377) machen heute noch einen gewaltigen Eindruck und lassen insbesondere das reiche Vorhandensein von Kuppelwölbungen, Bogen, die Verwendung von Marmor und sonstiger wertvoller Baustoffe erkennen. Zahlreiche Kunstwerke wurden hier gefunden. Rings herum zog sich eine Mauer, die selbst wieder zahlreiche Gebäude, eine Rennbahn, Schwimmbassins usw. enthielt. Der Bau der Thermen des Caracalla wurde im Jahre 212 n. Chr. begonnen.



Abb. 509. Ruinen der Caracalla-Thermen.



Abb. 510. Ruinen der Caracalla-Thermen.

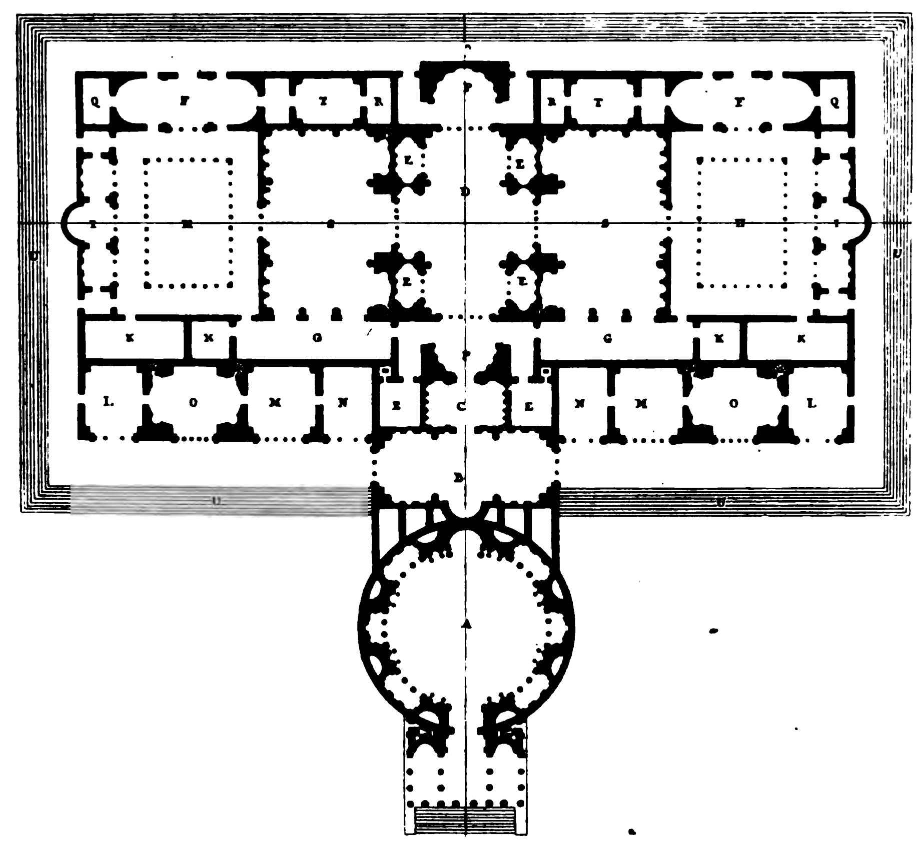


Abb. 511. Grundriß der Thermen des Agrippa in Rom.
(Rekonstruktion siehe Seite 375.)

Basiliken.

Zu den öffentlichen Bauten gehörten auch die Basiliken, deren Namen sich von βασιλεύς = König ableitet und in Griechenland ursprünglich „königliche Halle“ bedeutete. In Rom kamen die Basiliken erst später auf. Die erste Basilika wurde dort von M. Porcius Cato im Jahre 184 v. Chr. gebaut. Die Bestimmung dieser Gebäude wechselte. Ursprünglich wohl eine einfache Art von Markthalle oder Börse, wurde die Basilika später Versammlungsort und Gerichtsstelle. Für das Gericht war ein besonderer Teil abgetrennt oder erhöht oder in Form einer Apsis angebaut. Man scheint sich viel in der Basilika aufgehalten oder in ihrer Nähe herumgetrieben zu haben, dafür sprechen unter anderen auch die auf den Stufen römischer Basiliken eingekratzten und mit großer Wahrscheinlichkeit noch aus römischer Zeit stammenden Figuren für eine Art von Brettspiel, ferner die Forderung Vitruvs (s. unten), daß die Basilika am wärmsten Ort des Forum stehen solle. Viele Städte, darunter Rom und Pompeji, besaßen mehrere Basiliken, doch sind uns von allen nur verhältnismäßig spärliche Reste erhalten und dann steht es noch nicht einmal fest, daß

alle heute als Basiliken angesprochenen Gebäude wirklich solche waren. In bezug auf den Bau von Basiliken sind wir daher auf diese Reste sowie vor allem auf eine

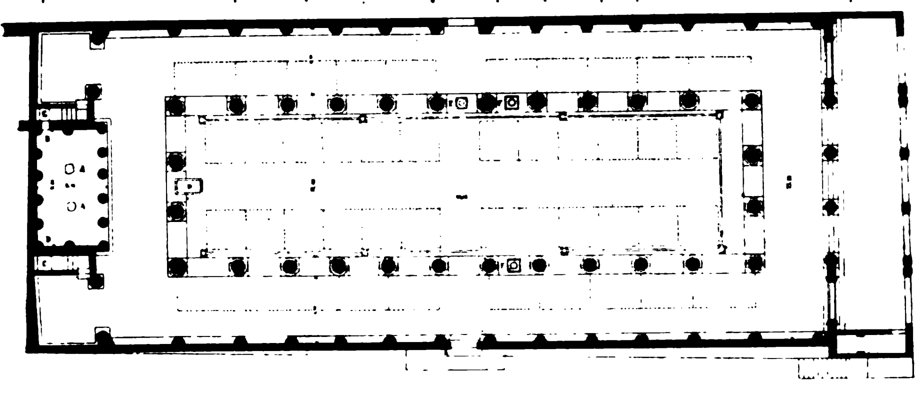


Abb 512. Die Basilika von Pompeji, Grundriß.
A Erhöhtes (2 m hohes) Podium für das Tribunal; B Türen; c Treppen in den darunter befindlichen Raum, der durch 2 Lichtöffnungen im Fußboden des Podiums bei AA erleuchtet wird; D Unterbau für ein Denkmal.

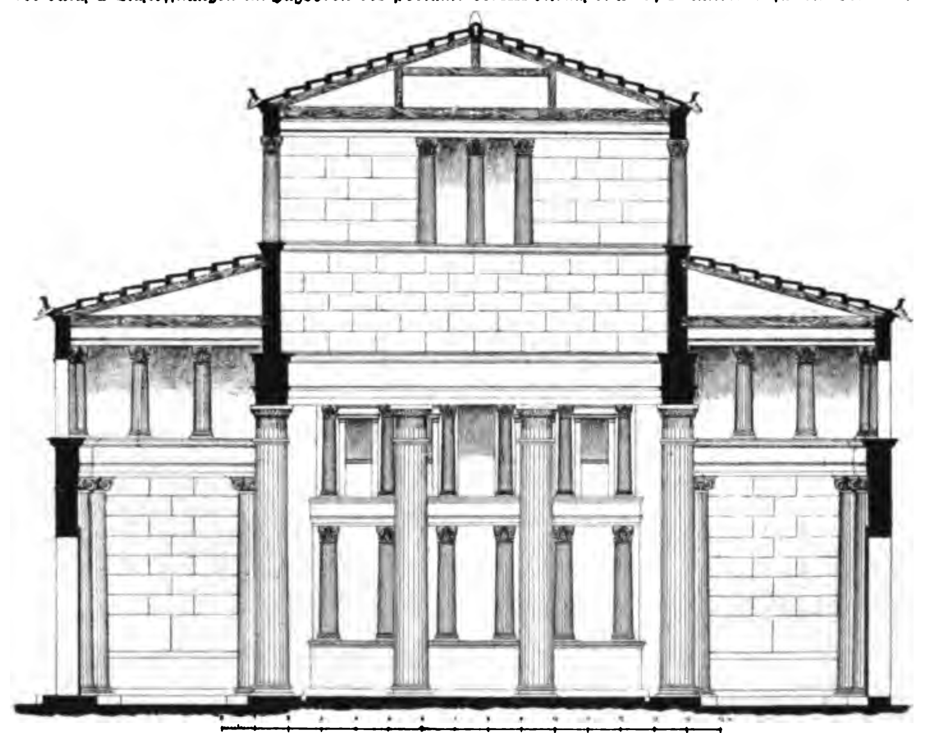


Abb. 513. Die Basilika von Pompeji, Querschnitt.

Beschreibung des Vitruv (V, 1) angewiesen. Danach soll die Basilika an den wärmsten Stellen des Forums stehen und ein längliches Viereck von bestimmten Abmessungen

darstellen, „die Breite soll nicht weniger als ein Drittel, nicht mehr als die Hälfte der Länge betragen". Im Innern sollen 2 Säulenreihen übereinander sein, deren untere die Galerien der Seitenschiffe trägt. Die oberen Säulen sollen kleiner sein als die unteren. Die auf den Galerien befindlichen Personen sollen von unten nicht gesehen werden können. Das Tribunal befindet sich an der einen Schmalseite. Die dort befindlichen sollen die im übrigen Raum Anwesenden nicht stören usw. Diese und weitere Bedingungen sind bei der Basilika von Pompeji erfüllt, deren Rekonstruktion nach Lange in Verbindung mit dem Grundriß alles weitere erkennen läßt. (Abb. 512, 513 S. 379; 514, 515.)



Abb. 514. Die Basilika von Pompeji. Wahrscheinliche, aber auch bestrittene Außenansicht.

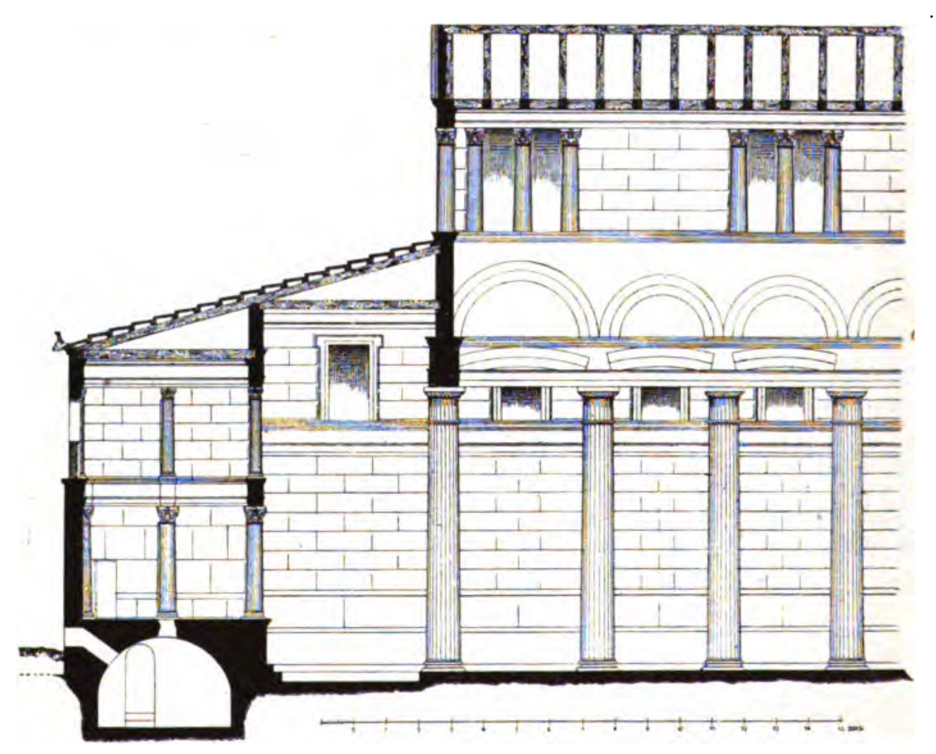


Abb. 515. Die Basilika von Pompeji, Längsschnitt.

Literatur zum Abschnitte: „Monumental- und öffentliche Bauten" siehe hinter dem Abschnitte: „Bauarten und Bauausführungen".

Bauarten und Bau-Ausführungen.

Ursprüngliche Bauarten.

Die verschiedenen im Altertume gebräuchlichen Arten, Bauwerke aufzuführen, sind im Anfang mit der Entwicklung des Wohnbaus aufs innigste verknüpft und machen sich erst später, als bereits eine gewisse Stufe der Entwicklung erreicht ist, davon frei. Der ursprünglichste Wohnbau war wohl das aus Tierfellen gebildete runde Zelt. Aus ihm ist dann der erste — gleichfalls runde — feste Wohnsitz, die Hütte, hervorgegangen. Um eine Einteilung in Innenräume zu ermöglichen, wird bei der weiteren Entwicklung des Hüttenbaus der Grundriß der Hütte immer länger, er wird zum Oval. Aus der ovalen Hütte entsteht dann die viereckige. Diesem Entwicklungsgange schmiegen sich Art und Ausführung der Bauten an. Man baut zuerst derart und mit solchen Materialien, wie es der Rundbau erforderte: Reisig, Stroh, Binsen, sowie auch einfach übereinander getürmte Feldsteine schmiegen sich der Rundform gut an. Ebenso ermöglicht der Lehm entweder für sich oder in Verbindung mit den eben genannten Stoffen die Herstellung runder und ovaler Wohnstätten. Als dann die Kulturstufe der viereckigen Hütte erreicht ist, treten auch neue Bauarten auf: der **Blockbau** und der **Fachwerkbau** beginnen sich zu entwickeln; aus ihnen geht dann der **Steinbau** mit seinen so verschiedenen Abarten hervor.

Über die primitivsten und meist der Vorzeit angehörenden Bauarten, den **Schilf-, Stroh- und Binsenbau**, sind wir durch unmittelbare Überlieferung nicht mehr unterrichtet. Wir können nur aus der Betrachtung derartiger Bauten bei primitiven Völkern der Jetztzeit schließen, daß man die genannten langhalmigen Baustoffe verflocht, das Geflecht durch Pfähle versteifte, und daß man es, um die Wand gegen Wind und Regen undurchdringlicher zu machen, mit Lehm bewarf. Anstelle langer Halme hat man dann auch Weidenruten, Reisig und ähnliche Stoffe verwendet. Um dem Lehm mehr Festigkeit zu geben, vermengte man ihn mit Häcksel, Getreidespelzen oder Fichtennadeln. War kein Lehm zu beschaffen, so stopfte man auch Moos in das Geflecht. Fundamente kannte man nicht, die stützenden Pfähle steckten direkt im Boden.

Holzarchitektur.

In dem Maße, wie sich die Form der Wohnstätte ändert, treten Bestrebungen auf, sie zu einer immer festeren und dauerhafteren zu machen. Dies geschieht durch Verminderung des **Flechtwerkes** und Vermehrung des **Stützwerkes**: Die Pfähle werden immer zahlreicher, die Fläche der geflochtenen Wände wird im Verhältnis zur Gesamtfläche des Hauses immer geringer, und so bildet sich allmählich das **Holz-**

haus, das Blockhaus, heraus. Die Art seiner Ausführung bringt es mit sich, daß man auch den Eingang besser festigen kann, was durch Anbringung der Schwelle und des Türrahmens geschieht. Die im Boden steckenden Pfähle verfaulen mit der Zeit, wodurch der Zusammenhalt des ganzen Hausbaus gelockert wird. So vermeidet man denn, sie direkt in den Boden zu stecken oder den Bau auf diesem oft feuchten Untergrund aufzuführen. Man bringt zwischen ihm und dem Boden eine trockene, feste Zwischenlage aus Steinen, das Fundament, an. Auf diese Weise entsteht allmählich das Blockhaus, das bereits alle wesentlichen Bestandteile des späteren Hauses zeigt, das mit Fenstern versehen ist und sogar einen Dachstuhl besitzt, auf dem das aus Stroh, Schilf, Rasen oder kleinen dünnen Brettern (Schindeln) hergestellte Dach aufruht. Im Anfang sind die Balken rund und nur an den Stellen, wo sie aufeinander aufliegen, entsprechend ausgehöhlt, „ausgeklinkt"; später werden sie viereckig zubehauen, wodurch der Bau befestigt und Unregelmäßigkeiten in den Fugen verhütet werden. Die Verbindung der einzelnen Bauteile erfolgt entweder durch ihre eigene Schwere oder durch die Ausklinkungen an den Auflagestellen der Balken, oder durch Zusammenbinden, beim Dache wohl auch durch Beschweren mit Steinen. Der Nagel, zunächst der Holznagel, tritt später auf und kommt vielleicht erst zur Zeit des Fachwerkbaus zur allgemeinen Anwendung.

Wenn wir noch heute, im Zeitalter unserer hochentwickelten Technik, in Oberbayern, in Tirol und in der Schweiz gewaltige Blockhäuser mit einem durch Steine beschwerten Schindeldache sehen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß sie auch bei vielen Völkern des Altertums während ihrer ganzen geschichtlichen Zeit vorhanden gewesen sind. Ihre Spuren sind verschwunden, da das Holz im Laufe der Zeiten verfaulte. Aber noch geben uns bei Ausgrabungen die mit dem vermoderten Holze gefüllten oder durch dieses braungefärbten Pfostenlöcher im gewachsenen Boden sowie sonstige Überreste Kunde von dem einstigen Vorhandensein primitiver oder höher entwickelter Holzbauten.

Auch aus sonstigen Angaben läßt sich in vereinzelten Fällen ein Bild von antiker Holzarchitektur gewinnen. So scheinen vor allem die Juden ein Volk gewesen zu sein, das viele und kunstvolle Holzbauten auszuführen verstand. Die Bibel nennt den Zimmermann den Mann „der das Haus baut". Viele ihrer Gleichnisse beziehen sich auf die Zimmermannstechnik. Sehen wir vom Bau der Arche Noah ab, die vollkommen aus Tannenholz hergestellt war, so müssen wir nach der ganzen Beschreibung, die die Bibel (1. Buch Könige 5—7; 2. Buch Chronik 2—4; Jeremias 25 usw. usw.) vom Tempelbau des Königs Salomo gibt, annehmen, daß es sich hier um einen Holzbau handelte, zu dem die edelsten Hölzer genommen wurden, und der mit einem Steinfundament versehen war. Auf das Steinfundament deutet die Stelle (1. Buch Könige 5, 31): „Und der König gebot, daß sie große und köstliche Steine ausbrächen, gehauene Steine zum Grunde des Hauses". Ebenso scheint auch der innere Hof ein Steinfundament gehabt zu haben (1. Buch Könige 6, 36): „Und er baute auch den inneren Hof von dreien Reihen behauener Steine und von einer Reihe zederner Balken." Die Wände freilich waren innen noch einmal besonders mit Brettern verkleidet, also getäfelt. Das Dach bestand aus Balken (1. Buch Könige 6, 9; 15): „Und er deckete das Haus mit Balken und Tafelwerk von Zedern ..... Er baute die Wände des Hauses inwendig mit Brettern von Zedern; von des Hauses Boden an bis an die Decke täfelte er es mit Holz inwendig, und den Boden des Hauses täfelte er mit Tannenbrettern."

Alles in allem gehen wir wohl nicht fehl, wenn wir uns nach der Beschreibung

der Bibel den Tempel Salomos als ein hervorragendes Werk altjüdischer Holzarchitektur vorstellen, zu dem Unmassen von Holz verbraucht wurden. Wahrscheinlich handelte es sich um einen auf einem Steinfundament stehenden, mit vielem Schnitzwerk verzierten, und innen mit Holz vertäfelten Blockbau, zu dessen Herstellung behauene Balken dienten. Ebenso dürften auch die Säulen aus Holz gewesen sein. Auch die Stiftshütte, die wir als ein Abbild des jüdischen Hausbaus betrachten können, war ein Holzbau, der zugleich an die Wanderzeit und das während dieser gebrauchte Zelt erinnerte. Die Wände des heiligen Zeltes wurden in der Ausdehnung von 15 m Länge, 5 m Breite und 5 m Höhe durch aufrecht stehende Bretter gebildet, die mit Nuten ineinandergefügt waren, und von denen jedes auf zwei silbernen Füßen stand. Sie waren ¾ m breit, so daß zur Herstellung der beiden Seiten des Heiligtums 2C und für die Rückwand 6 solcher Bretter nötig waren. Um sie zu befestigen, wurden an den Ecken noch Eckpfosten aufgestellt, von denen je zwei oben und unten miteinander verklammert wurden. In diese Eckpfosten waren fünf wagerecht laufende Holzbalken, sogenannte „Riegel", eingezapft, die gleichfalls zur Befestigung der Bretterwände dienten. Die Befestigung geschah dadurch, daß an den einzelnen Brettern goldene Ringe angeschraubt waren, durch die die Riegel hindurchgingen. Das Holz war Akazienholz, das man vergoldet hatte. Im übrigen scheint der in Palästina eintretende Mangel an Holz dem altjüdischen Holzbau schon verhältnismäßig früh ein Ende bereitet zu haben, mußte doch schon Salomo das Holz zum Tempel, in dem er die alte Überlieferung nochmals in ihrer vollsten Entfaltung zusammenfaßte, von weither holen. Seinen eigenen Palast aber baute er dann aus Steinen (1. Buch Könige 7).

Der Fachwerkbau.

Ob es nun gleichfalls Holzmangel war oder ob einfache technische Überlegungen dazu führten, vom Blockbau zum Rahmenbau, also zum Fachwerk überzugehen, mag dahingestellt bleiben. Vielleicht haben beide Ursachen zusammengewirkt. Aber jedenfalls mochte man die Beobachtung gemacht haben, daß die Festigkeit eines Baus nicht durch die Zahl der verwendeten Balken bestimmt wird, sondern daß es darauf ankommt, wie man sie zusammenfügt, und daß — wie ja der Türrahmen lehrte — durch eine wagerechte Schwelle, durch aufrechte Pfosten und wagerecht darübergelegte „Rähme" ein festes „Gespärre" gebildet wird, das den verschiedensten darauf einwirkenden Beanspruchungen wohl zu widerstehen vermag. Ob nun die Ausfüllung dieses Rahmens durch Lehm, Flechtwerk, Holz, Ziegel oder Stein erfolgt, ist im übrigen belanglos. So entstand aus dieser einfachen technischen Beobachtung heraus, die, wie wir eben andeuteten, vielleicht durch einen Mangel an Holz und das dadurch entstandene Bestreben, an diesem Material zu sparen, veranlaßt wurde, der Fachwerkbau, der schon im Altertume dieselben Merkmale zeigt wie auch heute noch. Bei ihm ist die Schwelle, also die unterste Balkenlage des gesamten Baus, zunächst gleichzeitig Fundament. Auf dieser Grundschwelle erheben sich senkrechte Holzbalken, die „Ständer" oder „Säulen". Sie sind durch wagerechte Balken („Riegel") und durch schräg verlaufende Stützen, die „Streben", miteinander verbunden. Dadurch entstehen einzelne „Felder" oder „Fächer" von viereckiger Grundform, die dann mit schwächerem Material beliebiger Art ausgefüllt werden. Hierzu kommt noch ein weiteres wichtiges Merkmal: Dach und Wand werden vollkommen von einander

getrennt. Sie werden selbständige Bauglieder. Das Dach wird von der den Raum umschließenden Wand vollkommen unabhängig.

Sehen wir von Monumentalbauten, öffentlichen Gebäuden und den großen Häusern der Reichen, und sehen wir ferner von einzelnen Gegenden ab, in denen ein leicht zu bearbeitender Stein das gegebene Baumaterial bildet oder in denen Holzmangel zur Verwendung von reinem Steinbau zwingt, so ist der Fachwerkbau vielleicht die verbreitetste Bauart des Altertums. Wir finden ihn noch zur Kaiserzeit in Massen in Rom vertreten (Friedländer), und wenn auch im Süden der Steinbau ziemlich verbreitet ist, so herrscht er gegenüber dem Fachwerkbau doch im allgemeinen wohl kaum vor. Im Norden hingegen ist dieser das Gegebene, bietet doch die Natur alles dazu Nötige, nämlich Holz und Lehm in reicher Fülle. Die Bauten der römischen Kastelle bestehen größtenteils aus Fachwerk, zum Teil mit Steinfundamentierung, und Städte wie Trier oder Köln sind, von den eben angeführten Ausnahmen abgesehen, als durchweg aus Fachwerk gebaut zu denken. Aber auch die Prachtbauten, die Tempel, bestanden ursprünglich, nachdem der reine Holzbau überwunden war, aus Fachwerk. Der schon erwähnte älteste griechische Tempel, das Heraion zu Olympia, war, soweit er nicht aus Holz bestand, ein mit Lehmziegeln hergestellter Fachwerkbau. In Tiryns bestehen nur die Umfassungsmauern und Fundamente aus Stein. Im Innern der Burganlage, wo die Gebäude stehen, die nicht dem direkten Ansturm der Feinde zu trotzen brauchen, zieht man den Fachwerkbau und daneben auch den Ziegelbau vor. Freilich sucht man bereits in dieser frühen Periode dem Fachwerk den Anschein einer Steinfläche zu geben, weshalb man es mit Lehm und Kalk bewirft und es außen noch mit reichlichem Schmuck versieht. Solcher Schmuck an Fachwerkbauten wird besonders in Griechenland sehr beliebt. Der alte Tempel von Thermos in Ätolien läßt erkennen, auf welche Weise man den aus Holz und Lehmziegeln hergestellten Bau mit bemalten Tonplatten zu stützen und zu schmücken verstand: „Über dem Balken, der auf den Säulen liegt, dem Epistylion, sind Tonplatten, Metopen, eingesetzt, die durch Triglyphen, senkrecht geschlitzte Architekturteile, getrennt werden; darüber liegt die Traufe. Auf unserer Abb. 516 stellt die Metope links in altertümlicher Malerei den Perseus mit Flügelschuhen, die rechts thronende Göttinnen dar" (Lamer). Daß sich auch die Säule, und zwar zunächst die dorische Säule aus dem Holzbau herleitet, wurde bereits an anderer Stelle (siehe Seite 352) erwähnt. Aber nicht nur der dort angeführte Tempel am Heraion von Olympia gibt uns hiervon Kunde, auch die ägyptischen Säulen lassen in der Form ihrer Kapitelle erkennen, daß sie aus geschnitzten Holzbalken in allmählicher Entwicklung entstanden sind.

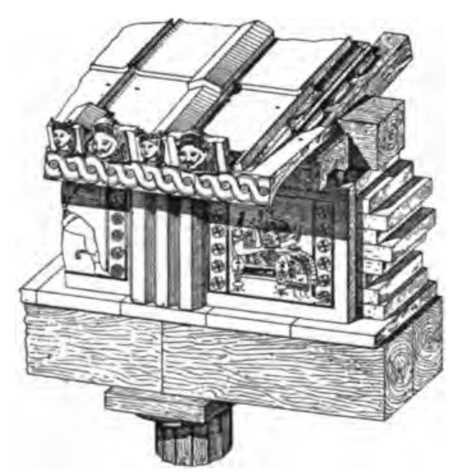


Abb. 516. Mit Tonplatten verkleidete Holzarchitektur am Tempel von Thermos in Ätolien.

Das Dach.

Ebenso hat sich auch die Form des späteren Daches aus dem Holzbau entwickelt. Das ursprüngliche Dach hatte wie das Zeltdach, von dem es sich ableitet, Kegelform. Seine Teile ruhten auf einem Stangen- oder Balkengerüst, das mit seinen unteren Teilen auf der runden Hauswand auflag, und dessen einzelne Stangen oben in der Mitte, über dem Mittelpunkt der Grundfläche, zusammengebunden waren. Als der Grundriß des Hauses dann viereckig wurde, entstand das viereckige, aber immer noch zeltförmige Dach. Es hatte die Form einer Pyramide und trug einen Firstbalken, in dem sich die Latten des Dachgerüstes allesamt vereinigten. Endlich ermöglicht es insbesondere der Fachwerkbau, zum Giebeldach überzugehen, kann man doch die nunmehr vollkommen voneinander unabhängigen Wände, ohne auf irgendwelche technischen Schwierigkeiten zu stoßen, an den Frontseiten kurz halten, an den Giebelseiten hingegen bis unter den Giebel hinaufführen. Das Dreieck des Giebels, das zum Träger des Daches wird, fügt sich gut an die Fachwerkskonstruktion der Giebelwand an. Das Giebeldach wird aber trotz alledem im Altertume nicht so allgemein, wie man es nach der außerordentlichen Einfachheit seiner Konstruktion erwarten sollte. Wenn



Abb. 517. Griechisches Giebeldach
auf einem Weihrelief an Dionysos (sog. „Einkehr des Gottes im Hause des Ikarios").
Museo nazionale zu Neapel.

wir sowohl in Griechenland wie in Rom hauptsächlich flache Dächer oder Pyramiden- bzw. Zeltdächer finden, so liegt dies daran, daß das Giebeldach gewissermaßen zu den Vorrechten der Götterbehausungen gehört. Assyrische Tempel sowohl wie der Tempel Salomos sind mit dem Giebeldache gekrönt, und ebenso bildet es bei den Griechen und Römern die Zierde des Tempels. Die Strenge der Vorschriften geht so weit, daß noch in den letzten Zeiten der römischen Republik ein besonderer Senatsbeschluß nötig ist, um Cäsar der Ehre eines Giebeldaches teilhaftig werden zu lassen. Die Konstruktion des griechischen Giebeldachs, dessen Gebälk ja heute nirgends mehr erhalten ist, tritt uns sehr schön auf einem Weihrelief an Dionysos auf der sogenannten „Einkehr des Gottes im Hause des Ikarios" entgegen, das sich im Museo Nazionale zu Neapel befindet. Die Giebelseiten des einfachen Dachstuhls sind durch Gesimse abgeschlossen. An den Langseiten sind die Enden der über die Giebelwand hervorragenden vierkantigen Dachsparren sichtbar, die eine Verschalung tragen, auf der die Ziegel aufliegen. (Abb. 517.)

Derartiger Ziegel sind, um gleich hier auch auf diesen Punkt einzugehen, zwei Arten zu unterscheiden: die Flachziegel, ebenso Platten, die nur an den beiden

Seitenrändern aufgebogen sind, und die Deckziegel, die die Form eines Halbzylinders aufweisen, manchmal jedoch auch giebelförmig ausgestaltet sind. Legt man

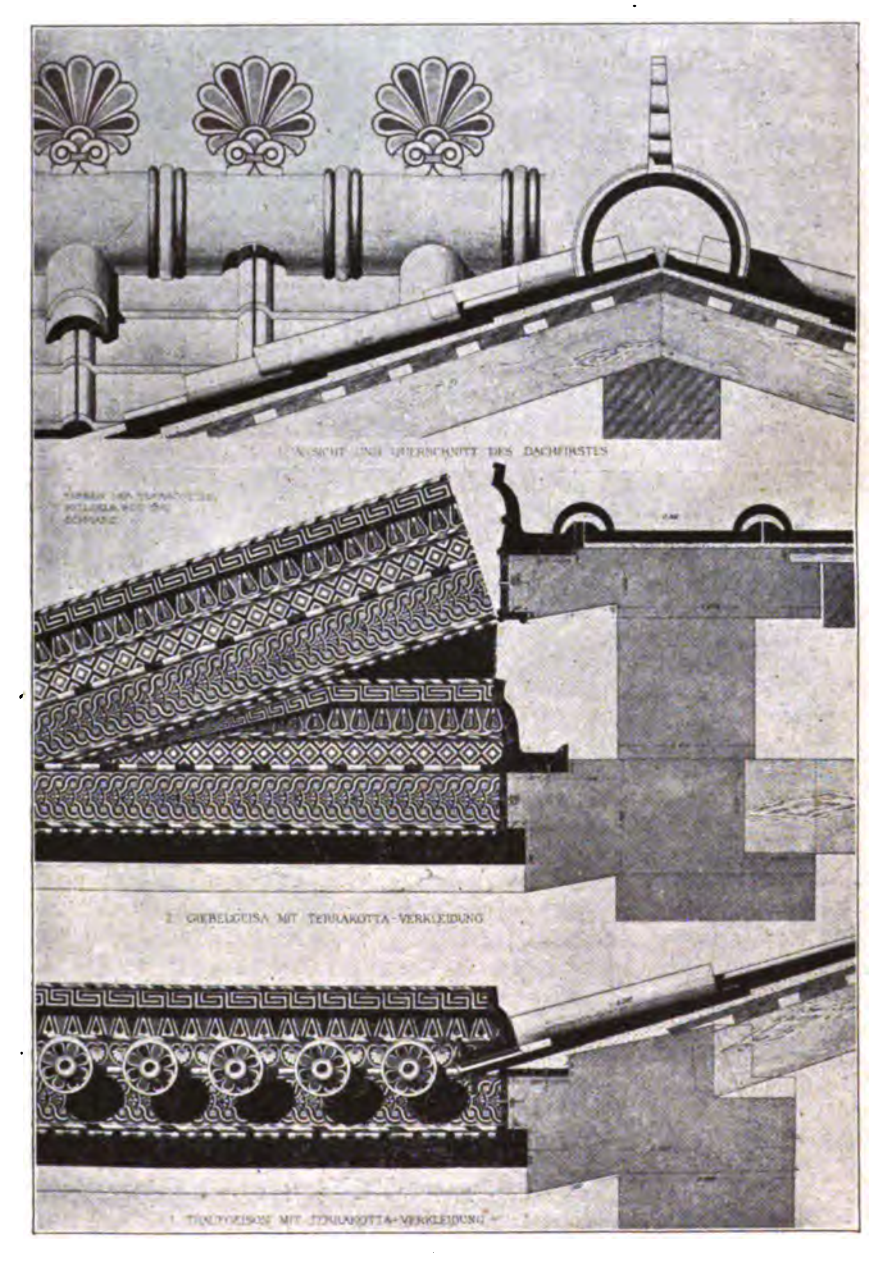


Abb. 518. Gesims und First des Schatzhauses von Gela.

die Flachziegel dicht aneinander bzw. hängt man sie, falls an ihnen „Nasen" angebracht sind, mit diesen in die Querlatten des Dachgebälkes ein und legt man über die durch ihre aufgebogenen Kanten gebildeten Fugen die Deckziegel, so hat man ein Dach, in das nirgends Regenwasser eindringen kann. Es läuft in den zwischen den Deckziegeln gebildeten Rinnen auf den Flachziegeln ab. Anstatt die Ziegel mit den Nasen in die Querlatten des Dachgebälkes einzuhängen, brachte man auf diesen unter Umständen noch eine Bretterlage an, die mit einer Lehmschicht bedeckt wurde, auf der dann die Flachziegel auflagen.[1]) Erwähnt sei, daß der älteste bekannte Fachwerkbau der Griechen, das Heraion zu Olympia, bereits ein Ziegeldach trug. Nicht immer ragte das Dachgebälk über die Wand hervor. Die erhaltenen Blöcke des Dachgesimses am Schatzhause von Gela in Olympia lassen uns erkennen, daß die Dachbalken unter Umständen auch in einem entsprechend ausgearbeiteten Gesims endigten, das dann verziert oder durch Terrakotten abgeschlossen war. (Abb. 518, S. 386.) Der Dachfirst wurde durch einen großen starken Querbalken gestützt. Um ihn und die darüberliegenden Sparren zu schützen, bringt man dann in der ganzen Länge des Firstes einen besonderen Schutz in Form einer Deckziegellage an, die oft künstlerisch ausgestaltet wird.

In gleicher Weise wie dieses griechische war auch das römische Giebeldach ausgestaltet, über das uns, wenn wir von einigem Stützwerk für das Gebälk absehen, somit auch Vitruv in seiner ausführlichen Darstellung (IV 2) nichts Neues mehr zu sagen weiß.

Der Steinbau.

Während sich der Holzbau in ständiger Vervollkommnung vom Binsengeflecht bis zum Fachwerkbau entwickelt hat, läßt sich eine derartige Entwicklung beim Steinbau nicht mit Sicherheit nachweisen. Man hat früher angenommen, daß die sogleich zu besprechenden Kyklopenmauern älter seien als die Mauern mit wagerechten Steinlagen, doch hat sich für diese Annahme kein schlüssiger Beweis erbringen lassen. Ebensowenig sind die Abstufungen stichhaltig, die man auf die Genauigkeit der Fügung, die Abmessungen der Blöcke und auf das Hineinspielen der Wagerechten gründete. Wo eben gerade parallel brechendes Gestein zur Hand war, da führte man keinen Kyklopenbau, sondern Mauern mit wagerechten Steinlagen auf. Ebenso werden Polygonbau und Quaderbau an vielen Stellen gleichzeitig ausgeführt. So finden sich z. B. in den Ruinen von Mykenä kyklopische Burgmauern, während die an das Löwentor anstoßenden Mauerteile andere Bauarten aufweisen. Die Ecken der Ummauerung sind abermals anders ausgeführt.

Immerhin gehört die Kyklopenmauer zu den ältesten Mauerarten. Sie entstand dadurch, daß man rohe, unbehauene Steine ohne jegliches Verbindungsmittel übereinanderlegte. Die Zwischenräume zwischen ihnen füllte man dann durch hineingestopfte kleinere Steine aus. Diese oft aus riesigen Blöcken hergestellten Mauern erregten schon im Altertum, als man die Technik ihrer Herstellung nicht mehr ausübte, Bewunderung. So haben die Mauern von Tiryns, die aufgetürmten Felsen glichen, und die schon von Homer und Hesiod erwähnt werden, auch Pausanias (2. Jahrh. n. Chr.) zum höchsten Erstaunen hingerissen, der (n. Reber) schreibt (II 25): „Die Mauer, die von den Trümmern der Stadt allein noch übriggeblieben,

[1]) Vergleiche Abb. 419, S. 322 und 440. S. 334.

ist ein Werk der Kyklopen und aus unbearbeiteten Steinen erbaut. Ein jeder derselben hat die Größe, daß ein Joch Maulesel auch nicht den kleinsten aus seiner Lage verrücken könnte. Kleine Steine sind schon vor alters in die Lücken eingefügt worden, um die Verbindung tunlichst herzustellen." Darüber, wie man solche Mauern ausführte, lassen sich nur Vermutungen äußern. Wahrscheinlich ist es, daß auch bei ihrer Herstellung die schiefe Ebene eine Rolle spielte. Man wird die Steine auf einer solchen Ebene, einer Anrampung, unter Aufwand eines ungeheuren Menschenmaterials und vielleicht unter Verwendung von Schleifen hinaufgezogen und auf der Mauer übereinandergetürmt haben. Verschiedene Forscher, die das Rätsel dieser Bauten zu lösen suchten, haben die wunderbarsten Konstruktionen, Hebezeuge und Ausführungsverfahren für derartige Mauern ersonnen, die aber nicht hinreichend belegt erscheinen und keinerlei Vermutung der Wahrscheinlichkeit für sich haben. Überblickt man den Umfang der antiken Technik, soweit sich unsere Kenntnis von ihr auf Tatsachen aufbaut, so muß man zu der Überzeugung kommen, die im Abschnitte „Technische Mechanik und Maschinen" ausgesprochen ist, daß nämlich derartige Riesenleistungen mit äußerst einfachen mechanischen Hilfsmitteln, jedoch unter Aufwand von viel Menschenmaterial und viel Zeit ausgeführt worden sind.

Die polygonen Mauern entstanden dadurch, daß man den rohen Stein nahm und seine Seiten unter ungefährer Beibehaltung der ursprünglichen Form so bearbeitete, daß sich Vielecke von allerdings ungleichmäßiger Seitenlänge und dadurch ungleichmäßiger Form ergaben. Diese Blöcke legte man dann so aneinander, daß sie sich mit möglichst dichten Fugen zusammenschlossen. Derartige Mauern werden gleichfalls noch meist ohne Mörtel hergestellt, ihr Gefüge hält durch die Schwere der Steine fest. Polygone Mauern sind uns gleichfalls und zwar in ziemlicher Menge erhalten. Wir finden sie in den Überresten von Korinth, zu Mykenä, zu Ostia, in Epirus, zu Oiniadae in Akarnien usw. usw. Manche dieser Mauern scheinen mit allem Fleiß so ausgeführt, daß sich nirgends eine Spur von wagerechter Schichtung zeigt. Bei anderen wieder, wie z. B. bei den gewaltigen Mauern von Norba, sind zwar polygone Steine verwendet, doch sind sie so gelegt, daß wagerechte Schichtungen entstehen, oder daß das Polygonnetz von einzelnen wagerechten Schichtlinien unterbrochen wird.

Der Quaderbau endlich setzt sich aus rechteckig behauenen Blöcken zusammen und bietet den Vorteil, auch bei Verwendung kleinerer Blöcke die größte Standfestigkeit zu gewähren, da ja die Auflagefläche eine große ist und voll ausgenützt wird. Wenn wir heute zahlreiche Quaderbauten des Altertums nur noch als Ruinen vor uns sehen, so kommt dies nicht etwa daher, daß sie der Zeit nicht standzuhalten vermochten. In allen nicht gerade von Erdbeben heimgesuchten Gegenden würden sich diese Bauten wohl auch jetzt noch ziemlich unverändert erhalten haben, wenn man nicht ihre Steine weggenommen und zur Ausführung neuer Bauten benutzt hätte. In den meisten Gegenden, vor allem aber in Rom, bildeten die antiken Quaderbauten geradezu die Steinbrüche, aus denen das Mittelalter sein Baumaterial bezog. Die Ausführung der Quaderbauten geschah entweder gleichfalls in Form von Trockenmauern, d. h. man türmte die Steine ohne irgendein Bindemittel übereinander oder aber man verklammerte sie mit Eisen. Zu diesem Zwecke wurden in entsprechende Stellen der sich berührenden Flächen Vertiefungen eingehauen, in die man einen Eisenstab einsetzte. Die Vertiefung wurde dann mit Blei ausgegossen. Die griechischen Bauten erhalten außer den wagerechten auch noch senkrechte eiserne Dübel. Durch diese wird ein seitliches Ausweichen der Schichten gegeneinander verhütet. Die Dübel sind in der Mitte der oberen Fläche des unteren Steins in eine dort eingemeißelte

Höhlung mit Blei eingegossen. Sie ragen aus dieser Fläche senkrecht empor und greifen mit etwas Spielraum in das entsprechende Loch der Unterfläche des oberen Steins ein. Ein Vergießen mit Blei wird in dieser nicht vorgenommen. Die wagerechte Verklammerung zweier benachbarter Steine erfolgt dadurch, daß über die Grenzkanten hinweg eine Bettung in die obere Fläche eingemeißelt wird. Dann wird die die Form eines doppelten T aufweisende Eisenklammer eingelegt. Hierauf wird um den oberen Rand der Bettung herum ein Tonrand aufgesetzt. Die so gebildete tiefe Wanne wird mit Blei ausgegossen, das die Eisenklammer vollkommen bedeckt. Nach Abnahme des Tonrandes wird von dem über den unteren Stein emporragenden Bleikloß so viel weggenommen, daß er in die Bettungen an den unteren Flächen der oberen Steine paßt. Diese Art der Verbindung überdauerte, wie uns zahlreiche antike Bauten lehren, Jahrtausende. In ähnlicher Weise — mit Blei und Eisen — fügte man auch, wie hier sogleich erwähnt sei, die einzelnen Trommeln großer Säulen zusammen. Bei manchen attischen Bauwerken sind die Säulen durch einen Holzdübel verbunden, der in zwei in die obere und untere Trommelfläche eingelassene Pflöcke aus Zedernholz eingreift. Manchmal ist der Dübel so schwach, daß er weniger als Verbindungsmittel wie vielmehr als Hilfsmittel, die Säulen genau zusammenzusetzen, angesehen werden muß. Die Säulentrommel läßt sich oft um derartige Holzdübel drehen. Sonst verwendete man zur Verbindung von Säulentrommeln meist Eisendollen von eigenartiger Form, die mit Blei in die Vertiefungen der Säulentrommeln eingelassen wurden. Der benutzte Eisendübel ist in der Mitte verjüngt, so daß er keilförmig von beiden Seiten her in den Bleiausguß hineinragt. Er wurde erst in die obere Trommel eingegossen. Dann wurde diese auf die untere aufgesetzt, die in der Mitte eine Höhlung hatte, in die der Dübel hineinragte. Die obere Fläche der unteren Trommel war mit einem ausgemeiselten Kanal versehen worden, der sich gegen die Höhlung zu erweiterte. In diesen ließ man dann von außen her, nachdem man einen Eingußtrichter aus Ton auf die Berührungskante bei den Trommeln aufgesetzt hatte, Blei einlaufen, das die Höhlung füllte und den Dübel umschloß. Eine gut erhaltene derartige Verdollung weist z. B. die Jupitersäule des Römisch-Germanischen Museums in Mainz auf. Zur Verbindung der Quadern kommt aber ebenso wie zu der von Ziegeln auch Mörtel zur Anwendung (siehe unter „Baumaterialien").



Abb. 519. „Pseudoisodomum". Mauerwerk am Keller eines Hauses der Saalburg (äußere Ansiedlung).

Die Ausführung der Quaderbauten erfolgte entweder unter Verwendung gleichgroßer Quadern mit regelmäßigem Fugenwechsel (isodomum; s. Abb. 520 S. 390 links und 539 S. 400 die beiden unteren Reihen sowie rechts) oder unter der von ungleich großen, wodurch natürlich auch Schichten ungleicher Höhe entstehen (pseudoisodomum). (Abb. 519, 521 u. 523 S. 390, 527 S. 392; s. auch Abb. 541 Seite 401 am Unter-

bau.) Bei stärkeren Mauern wird der Bau sehr häufig aus billigerem Material, vor allem aus Ziegeln, ausgeführt, die mit einer Verblendung aus Quadern versehen werden. Verblendung und Hintermauerung werden durch Binder zu einem Ganzen vereinigt, d. h. durch Stoffe, die mit der kurzen Seite in der Mauerflucht liegen und mit der langen in die Mauer hineinragen. (Abb. 520.) Außerdem werden Quadern aber auch noch zur Herstellung der Häuserkanten (Abb. 521 und 522) sowie als Einfügungen in einzelne Architekturteile usw. usw. verwendet.



Abb. 520. Ziegelhintermauerung mit Verblendung (diese „Isodomum" (links)) durch Binder verbunden. (Casale rotondo in der Campagna an der Via Appia.)

Eine besondere Bauart, die sich vor allem an römischen Bauten häufig findet und für diese geradezu kennzeichnend ist, ist das



Abb. 521. Quadern als Häuserkante. Saalburg (äußere Ansiedlung).

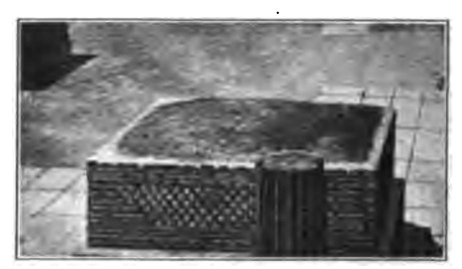


Abb. 523. „Gegossenes" Mauerwerk (am Forum civile in Pompeji). An der Vorderwand Opus pseudoisodomum und reticulatum.

„opus incertum", das, wie Vitruv mitteilt (II 8), auch „antiquum" hieß. (Abb. 522.) Es zeichnet sich durch Dauerhaftigkeit aus, nur bekommt es, wie Vitruv erwähnt, häufig Risse. Seine Herstellung ist eine sehr einfache. Man machte einen Kasten aus Brettern, dessen Spuren wir jetzt noch häufig da erkennen, wo an solchem opus incertum der Verputz abgefallen ist. Dieser Kasten hatte die Abmessungen der zu errichtenden Wand. In ihm stampfte man Mörtel und Bruchsteine der verschiedensten Größe hinein. Wenn dann das Ganze erhärtet war, so

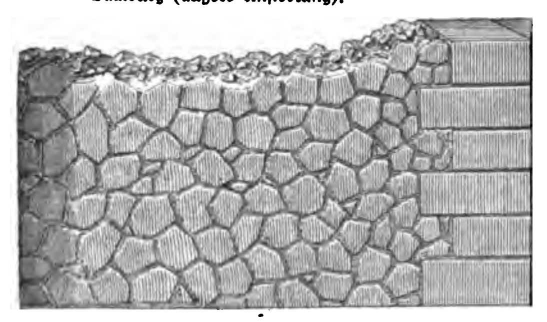


Abb. 522. „Opus incertum" („antiquum".)

nahm man die Bretterwand ab und verkleidete die entstandene Wand, um ihr ein besseres Aussehen zu geben, mit einem Verputz. Das Verfahren gleicht also — abgesehen von dem Material — im ganzen und großen dem, das wir auch heute noch bei Herstellung von Betonmauern anzuwenden pflegen. Um das opus incertum dauerhafter zu machen, führte man anstatt der Bretterwände auch Dauerwände aus Quadersteinen oder Ziegeln, Marmor usw. auf. Diese Wände bilden die „Futtermauern", in deren Zwischenraum dann das Gemenge aus Steinen und Mörtel eingegossen

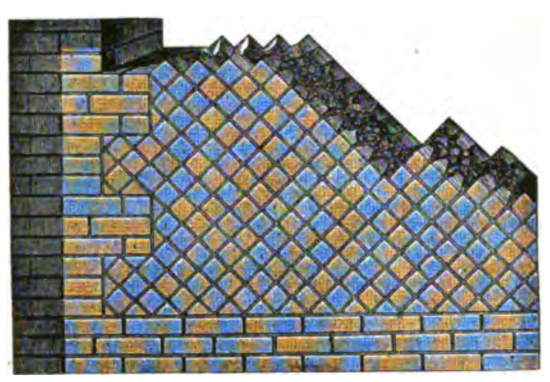


Abb. 524. „Opus reticulatum".

wird. (Abb. 523 S. 390.) Die Futtermauern werden noch durch Klammern verbunden, die dann nach dem Erhärten der Füllung alle drei Bestandteile der Mauer, nämlich die beiden Futtermauern und die Füllung, verbinden.



Abb. 525. „Opus reticulatum".
(Die „Gastzimmer" in der Villa des Hadrian zu Tivoli.)

Da das opus incertum, sofern es nicht durch Futtermauern verkleidet war, nicht besonders schön aussah, führte man überall da, wo der Quaderbau zu teuer gewesen wäre, noch eine andere Art von billigerem Mauerwerk auf, das „opus reticulatum", das „Netzwerk". (Abb. 524 und 525.) Es entsteht dadurch, daß man kleine würfelförmige Steine so aneinanderlegt, daß sie nicht auf einer Fläche, sondern auf einer Kante als unterstem Teil aufliegen. Da hierdurch große Gleitflächen geschaffen werden, die unter dem von oben kommenden Drucke das Bestreben zeigen, auseinanderzuweichen, so sind die Bauten aus dem im übrigen hübsch und gefällig aussehenden opus

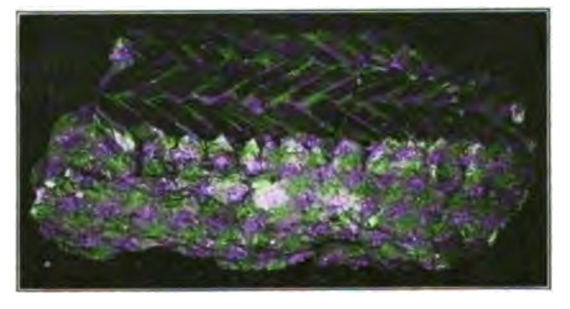


Abb. 525. „Opus spicatum"
(an einem römischen Ziegelboden). Deutsches Museum, München.

reticulatum nicht sehr dauerhaft. Als weitere Art des römischen Mauerwerks wäre noch das als eine Abart des reticulatum anzusehende „opus spicatum" zu



Abb. 527. „Opus spicatum" (links) und „pseudoisodomum" (rechts). Saalburg (äußere Ansiedlung).

erwähnen, bei dem die einzelnen Schichten der Steine wie die Körner einer Ähre zueinander liegen. (Abb. 526 S. 391 und Abb. 527.)

Der Ziegelbau.

Eine ganz besondere Rolle spielt in der antiken Bautechnik der Ziegelbau, der sich bei fast allen Völkern des Altertums findet, und zwar entweder in Verbindung mit andern Bauarten (Abb. 528) oder als reiner Ziegelbau. Besonders hervorragende Leistungen erzielten die Römer auf dem Gebiete des Ziegelbaus; verstanden sie es doch, lediglich aus Ziegeln gewaltige Gewölbe von schier unbegrenzter Dauerhaftigkeit herzustellen. Noch heute geben die Kuppel des Pantheons sowie die Riesenwölbungen der Basilika des Konstantin in Rom, ferner die der Thermen des Diokletian usw. usw. Kunde von der Fertigkeit der römischen Baumeister, lediglich aus Ziegeln riesige Gewölbebauten aufzuführen. Sie verwendeten dazu starke Lehrgerüste aus Balken und Brettern, über denen die Ziegelschichten aufgemauert wurden. Aber nicht in der Verwendung dieser Lehrgerüste liegt das Großartige der Technik ihrer Bauausführung, sondern in der richtigen Berechnung der Wölbung und in der gleichmäßigen Verteilung des Drucks auf diese und die sie tragenden Mauern.

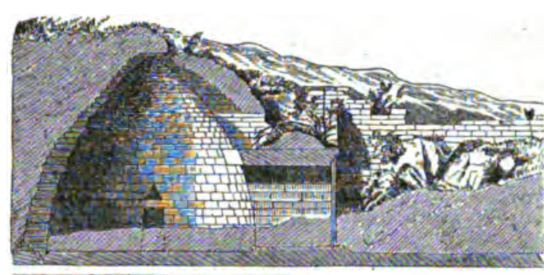


Abb. 528 Steinmauerwerk mit Ziegelbändern. Im Hintergrund rechts ist das Mauerwerk durch die dunkleren Ziegelbänder ersetzt.

Der Gewölbebau.

Der Gewölbebau war, wie die auf Veranlassung der Universität Chicago vorgenommenen Ausgrabungen erkennen lassen, den Assyrern und Babyloniern

schon um 4000 v. Chr. bekannt. Wenn er sich von hier aus auch auf andere Völker verbreitete, so scheint seine Kenntnis doch im Laufe der Zeiten allmählich verloren gegangen zu sein. Bei den Griechen kannte man ihn anfänglich nicht, es wurden nur wagerechte Decken gebaut. Wollte man offene Weiten überspannen, so überdeckte man sie mit wagerechten Balken aus Stein oder Holz, auf die die Decke zu liegen kam. Natürlich waren infolge dieser primitiven Technik der Größe der Räume Grenzen gesetzt. Der Wunsch, größere Säle herzustellen, führte dann zu einer Vervielfältigung der die Deckenbalken stützenden Träger, die man so vermehrte, daß dadurch der Raum wieder eingeschränkt wurde. So enthielt der Mysterientempel zu Eleusis eine siebenfache Reihe von je sechs Säulen, das Gemeindehaus in Megalopolis war in radialen Richtungen mit Säulenreihen ausgestattet. Wo man dann zum Kuppelbau überging, da geschah dies zunächst mit Hilfe falscher Gewölbe. Ein typisches Beispiel hierfür ist das sogenannte „Schatzhaus des Atreus" bei Mykenä, augenscheinlich der Vorraum zum Grabe eines Königs. (Abb. 529.) Hier ist ein Kuppelraum von 15 m Höhe bei 15 m Durchmesser dadurch geschaffen, daß vom Kämpfer der Kuppel an ringförmig 33 wagerecht gelagerte Steinschichten sich überkragen, bis sie sich im obersten Mittelpunkte schließen. Ähnliche falsche Gewölbe finden sich im übrigen auch im Orient, z. B. in chaldäischen Gräbern, wie z. B. im Grabgewölbe von Mugeir, bei dem die Wände nach oben zu auseinanderweichen, worauf sich auf ihnen das falsche Gewölbe zusammenschließt, das an seiner engsten Stelle durch Ziegelplatten bedeckt ist. (Abb. 530.) Die eigentliche Wölbungskunst beginnt sich dann in Griechenland aus dem Bogenbau akarnanischer Stadttore zu entwickeln. Ein derartiges frühes Bogentor finden wir im „Tor der heiligen Straße" zu Palaeros. Es ist ein Keilschnittgewölbe, also durch keilförmig zugehauene Steine gebildet, die zwar noch nicht von vollkommener Gleichmäßigkeit, aber von hinreichend festem Gefüge sind, um auch heute noch die Last der teilweise erhaltenen oberen Schicht zu tragen. Schwierigkeiten scheint der



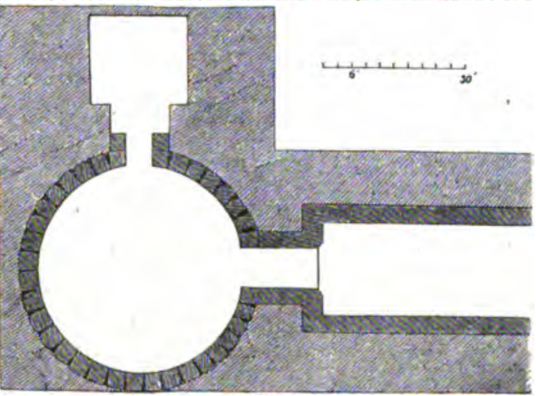


Abb. 529. Falsches Gewölbe. Das sog. „Schatzhaus des Atreus" bei Mykenä.

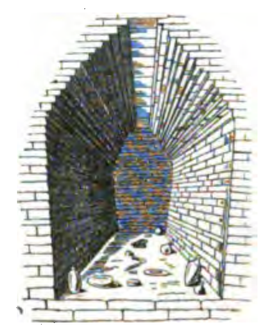


Abb. 530. Chaldäisches falsches Gewölbe am Grabgewölbe von Mugeir.

Anschluß der Keilschnittsteine an die benachbarten Steine der Mauer gebildet zu haben. Man gewinnt ihn durch sehr unregelmäßigen Fugenschnitt sowie durch eingefügte Polygone. Einzelne der Keilsteine sind oben selbst polygonal. Das Bogentor von Palaeros dürfte etwa im 5. Jahrhundert v. Chr. entstanden sein.



Abb. 531. Gewölbe aus keilförmigen Steinen Heizkanal(?) im kleinen römischen Theater zu Verona.



Abb. 532. Aus mehrfachen Lagen gebildete Gewölbedecke., Kaiserpalast Trier.

Bei den Römern finden wir die mannigfachsten Arten von Bogen und Gewölben: neben solchen aus keilförmigen Steinen (Abb. 531) vor allem und sehr häufig solche mit aus mehrfachen Lagen gebildeten Gewölbedecken, deren Querschnitt dann Bogen über Bogen erkennen läßt (Abb. 532). Oft sind die verwendeten Steine und die gebildeten Schichten sehr unregelmäßig, insbesondere beim Anschluß an die seitlichen Mauern (Abb. 533). Sehr bemerkenswert sind die bei römischen Bauten nicht selten auftretenden übereinandergestellten Bogen, wie wir sie bei Amphitheatern (Abb. 487 S. 363; 492 S. 366) Aquädukten, ferner am Kaiserpalast zu Trier (Abb. 534 S. 395) usw. usw. finden, und die uns Kunde von weitgehenden Kenntnissen über Tragkraft und Druckverteilung im Mauerwerk geben.

Abb. 533. Tonnengewölbe aus unregelmäßigen Steinen (besonders beachtenswert der Anschluß an die seitlichen Mauern). Kellergang in den Thermen zu Trier.

Durch allmähliche Verbreiterung des Bogens entstand dann die einfachste Art von Gewölben, das Tonnengewölbe, das uns sowohl in den griechischen wie vor allem in den römischen Bauwerken der Triumphbogen so vielfach entgegentritt. Das große Gewicht der aus Quadern hergestellten Tonnengewölbe erlaubte keine sehr große Spannung. Wollte man eine solche erzielen, so mußte man die vollen parallelen Widerlager sehr stark und dick machen, was große Kosten verursachte, plump aussah und

sich sehr oft nicht mit der Raumanordnung vereinen ließ. Hier trat nun der Backsteinbau helfend ein. Durch ihn wurde das Gewölbe leichter, und infolgedessen konnten auch die stützenden Mauern leichter gemacht werden. Der Backsteinbau ermöglichte auch eine freiere architektonische Gestaltung des gesamten Gewölbebaus: es entstanden das Kreuzgewölbe und das Kuppelgewölbe, deren Entwicklung jedoch mehr in architektonischer als in technischer Hinsicht zu würdigen ist, so daß sich ein näheres Eingehen an dieser Stelle erübrigt.

In bezug auf die Technik der Ausführung von Gewölben wurde bereits oben darauf hingewiesen, daß die Herstellung der Wölbung stets über einem Lehrgerüst geschah. Während wir jedoch derartige Lehrgerüste jetzt im allgemeinen auf dem gewachsenen Boden oder dem sonstigen gegebenen Fundament aufrichten, scheinen, wenigstens bei den Römern, diese Gerüste zum Teil auf die Mauern der Widerlager oder sonstige der Wölbung benachbarte Mauern gestützt worden zu sein. So zeigen die Reste der alten Römerbrücke von Narni in Umbrien, ferner der römische Aquädukt „Pont du Gard" bei Nîmes sowie noch zahlreiche andere Bauwerke massenhaft Steinvorsprünge an der Fassade sowie an den inneren Seiten der Widerlager, die als Träger und Auflager des zur Herstellung der Wölbung verwendeten Lehrgerüstes dienten. An den Bauwerken, an denen wir solche Vorsprünge nicht mehr finden, sind sie später wohl meist durch Abschlagen und Abmeißeln entfernt worden. Zuweilen gehen die Vorsprünge nur bis zu einer gewissen Grenze unter die Wölbung hinein. In solchen Fällen sind die fehlenden Vorsprünge entweder abgemeißelt worden oder man hat das Lehrgerüst teilweise auf Vorsprünge, zum andern Teil aber auf den Boden gestützt. Daß man im übrigen vollkommen bodenständige Lehrgerüste verwendete, kann wohl keinem Zweifel unterliegen, sie dürften jedoch seltener als die auf Vorsprünge des Mauerwerks aufliegenden gebraucht worden sein.



Abb. 534. Übereinandergestellte Bogen (Kaiserpalast Trier).

Bauausführung.

Über weitere Einzelheiten der Bauausführung, insbesondere über die dabei gebrauchten Winden, Flaschenzüge usw. usw. findet sich Näheres in dem Abschnitte „Technische Mechanik und Maschinen". In Ergänzung der dort gemachten Mitteilungen seien hier noch eine Anzahl besonderer Einrichtungen und Werkzeuge beschrieben, die bei der Herstellung der Bauten Verwendung fanden. Hierher gehören vor allem

die Nivellierinstrumente, die dazu dienten, die Wagerechte festzulegen, und die sowohl beim Bau von Häusern wie auch bei dem von Landstraßen, Wasserleitungen usw. usw. in gleicher Weise benutzt wurden wie jetzt bei uns.

Das einfachste aller antiken Nivellierinstrumente war die „Groma", die auch das Hauptinstrument der römischen Landmesser bildete. Reste einer derartigen altrömischen Groma wurden in Pfünz bei Eichstätt gefunden. Sie ist identisch mit dem von Heron von Alexandria beschriebenen Winkelkreuz, dem sogenannten „Stern", der aus zwei senkrecht aufeinanderstehenden und wagrecht gelegten Armen besteht, von deren Enden Lote herabhängen. Schon Heron macht auf die Fehler aufmerksam, die bei nicht wagerecht gelegten Armen des Sterns sowie bei Windstörungen entstehen. Als eine Verbesserung der Groma muß der Chorobat bezeichnet werden, den Vitruv (VIII 5) beschreibt: „Der Chorobat aber besteht aus einem etwas längeren Richtscheit von etwa zwanzig Fuß, welches an den äußersten Enden ganz gleichartig gefertigte Schenkel hat, die in die Enden des Richtscheites nach dem Winkelmaß eingefügt sind, und Streben[1]) zwischen dem Richtscheit und den Schenkeln, die durch Einzapfung festgemacht sind. Diese Streben haben lotrechte Linien aufgezeichnet, und diesen einzeln entsprechend hängen von dem Richtscheite Bleilote herab, welche, wenn das Richtscheit aufgestellt ist, und wenn sie genau auf die verzeichneten Linien einspielen, eine wagerechte Lage anzeigen.

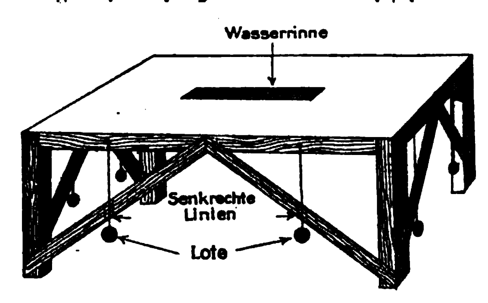


Abb. 535. Chorobat. Rekonstruktion nach Neuburger.

Wenn aber der Wind störend einwirkt und die Linien durch die so hervorgebrachte Bewegung kein verlässiges Kennzeichen mehr darbieten können, dann soll das Instrument oben eine Rinne von sechs Fuß Länge, einem Zoll Breite und anderthalb Zoll Tiefe haben, in welche man Wasser hineinzugießen hat, und wenn nun das Wasser in durchaus gleicher Höhe den Rand der Rinne berührt, so wird man wissen, daß die Lage wagerecht sei. Hat man so mit jenem Chorobat das Niveau ermittelt, so ergibt sich auch das Verhältnis des Gefälls." (Die letztere Bemerkung des Vitruv bezieht sich darauf, daß er das Nivellieren einer Wasserleitung beschreibt.) Der Chorobat ist somit (Abb. 535) weiter nichts als ein Schemel, dessen Beine mit der Mitte des Oberteils durch Querspreizen verbunden sind. An diesen Spreizen sind Marken angebracht, die zeigen, ob die am Rande des Oberteils befestigten Löte genau senkrecht herabhängen. War dies der Fall, so stand die Oberfläche des Meßinstruments genau wagrecht. Abweichungen von der Wagrechten nach der einen oder anderen Richtung ließen sich leicht erkennen. Man konnte den Chorobaten aber auch noch als Wasserwage benutzen. Aus den weiteren Ausführungen des Vitruv geht jedoch hervor, daß man die gewöhnliche Wasserwage, also eine mit Wasser gefüllte Glasröhre, in der sich eine Luftblase befand, gleichfalls kannte und als Nivellierinstrument benutzte.

Außerdem war noch ein weiteres auch von Vitruv erwähntes Visierinstrument, das Diopter bekannt, das auch Heron von Alexandria beschreibt, und das neuerdings

[1]) transversaria, schräge Hölzer, die sich zu dem beiderseitigen rechten Winkel, welchen die Schenkel mit den Enden des Horizontalbalkens bilden, verhalten wie die Hypotenuse.

von H. Schöne unter Beihilfe des Ingenieurs J. Neumann rekonstruiert worden ist. Das Diopter von Heron war eine Kanalwage, also der bekannte, auch jetzt noch verwendete, auf dem Prinzip der kommunizierenden Röhren beruhende Apparat, der jedoch als Theodolith ausgebildet war, d. h. eine grobe und eine feinere Drehung um eine wagerechte und eine senkrechte Achse gestattete. Das Diopter oder Visierlineal war 4 Ellen = 1,85 m lang und an beiden Enden mit Objektiv und Okular sowie mit zwei Zeigern versehen. Zum Nivellieren wurde ein Lineal mit einer Kanalwage verbunden. Mit diesem Instrument löste Heron die Aufgabe, „einen Berg in gerader Linie zu durchstechen, wenn die Mündungspunkte des Tunnels an dem Berge gegeben sind" auf mathematischem Wege, wobei er eine Art rechtwinkliger Koordinaten benutzte. Wenn auch Heron siegesgewiß hinzusetzt, daß die Arbeiter einander treffen werden, so lehrt das Beispiel der Wasserleitung von Samos (siehe Seite 425), daß die Instrumente eben doch nicht genau genug waren, um das theoretisch errechnete Sichtreffen im Innern des Bergs zur Tatsache werden zu lassen. Allerdings steht nicht fest, ob Eupalinos, der Erbauer der Wasserleitung von Samos, die von Heron beschriebene Einrichtung benutzt hat.

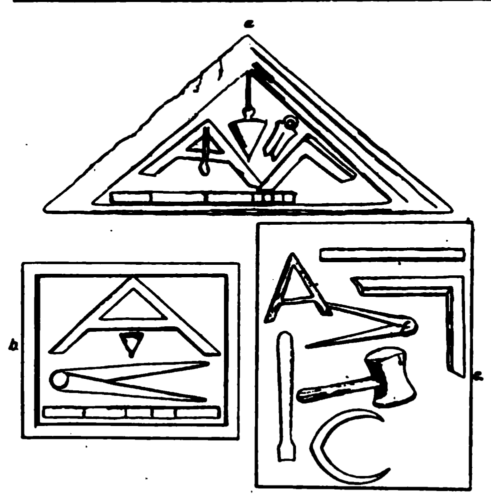


Abb. 536. Handwerkszeug römischer Maurer (nach Grabsteinen und Wohnungsschildern).
a Bleilot (oben), Setzwage (links), Zirkel (rechts oben), Winkelmaß (rechts unten), Maßstab (unten);
b Setzwage, Lot, Zirkel, Maßstab
c Richtscheit (oben rechts), Setzwage, Winkelmaß, Zirkel, Meißel, Schlegel, Tasterzirkel.
Deutsches Museum München.

Außer den Nivellierinstrumenten verwendete man bei der Ausführung von Bauten als Meßinstrumente noch das **Senkblei** und das **Winkelmaß**. Sie glichen den heute gebräuchlichen Vorrichtungen dieser Art,



Abb. 537. Maurer, den Verputz einer Wand glättend. Wandgemälde in Pompeji.
Das Bild gibt Aufschluß über das Gerüst, das Handwerkszeug und seine Handhabung, die Gefäße, vielleicht auch die Arbeitskleidung

wie auch das ganze Maurerhandwerkszeug das gleiche war. Die Grabsteine und Wohnungsschilder von Maurern des Altertums zeigen uns die Harke, die Maurer-



Abb. 538. Handwerkszeug eines Maurers
(von einer römischen Aschenkiste: Kelle, Setzwage, Breitmeißel, darunter Harke).
Provinzialmuseum Trier.

kelle, die Maurerquaste, das Senkblei, den Tasterzirkel usw. usw. in der gleichen Ausführung, wie wir sie auch jetzt noch benutzen. (Abb. 536 und 537 S. 397, und Abb. 538.)

Die Baumaterialien.

Holz.

Unter den Baumaterialien des Altertums spielte, wie aus den im vorigen Abschnitte gemachten Darlegungen hervorgeht, in den frühesten Zeiten das Holz die wichtigste Rolle. Man verwendete so ziemlich alle Holzarten, die auch gegenwärtig noch gebraucht werden, wobei man sich jedoch sehr oft von Gesichtspunkten der Bequemlichkeit leiten ließ. So benutzte man insbesondere in römischer Zeit zur Herstellung des Fachwerks scheinbar lediglich deshalb Tannenholz, weil es sich in größerer Nähe vorfand als das von weiter herzuschaffende Eichenholz. Fügen wir noch hinzu, daß bei besseren Bauten sowie für Vertäfelungen edlere Hölzer verwendet wurden, so bietet das Holz als Baumaterial weiter keine besonders bemerkenswerten Gesichtspunkte dar. Über die Art und Weise der Fällung des Holzes und seine Bearbeitung ist in einem besonderen Abschnitte (siehe Seite 71 ff) alles Nähere mitgeteilt. Die Römer verwendeten zu ihren Bauten bereits Holz, das flammensicher imprägniert war. Aulus Gellius (etwa 150 v. Chr.) erzählt in seinen „Attischen Nächten" (XV), daß er zusammen mit anderen Zuhörern eines Tages den Rhetor Antonius Julianus nach Hause begleitete, wobei sie an einem brennenden Hause vorbeikamen. Da weist im Gespräche Julianus auf eine Stelle in den Jahrbüchern des Claudius Quadriagarius hin, wo dieser erzählt, daß Sulla im Jahre 86 v. Chr. im Kampfe gegen Mithridates Athen hart bedrängte. Archelaos, der Feldherr des Mithridates, ließ zum Schutze des Piräus einen hölzernen Turm erbauen, der trotz aller Versuche der Römer, ihn anzuzünden, nicht brannte. Die Flammensicherheit wurde dadurch herbeigeführt, daß Archelaos alles Holz mit Alaun getränkt hatte (ita Archelaus omnem materiam obleverat alumine).

Auch den, wie wir jetzt wissen, durch eine Infektion des Holzes entstehenden Hausschwamm wußte man im Altertume bereits zu bekämpfen, obschon man sich über seinen Zusammenhang mit den Holzteilen der Bauten nicht klar gewesen zu sein scheint. Bekämpfungsmaßregeln sind im 3. Buch Moses Kap. 14 enthalten. Da sie auch nach dem Stande unserer heutigen Kenntnis als zweckmäßig erachtet werden müssen, und da sie sich nur auf den Hausschwamm beziehen können, so sei die betreffende Stelle hier wiedergegeben. Findet sich an einem Hause in dem Lande Kanaan ein „Aussatzmal", so soll zunächst der Priester dieses Haus besichtigen. „Wenn er nun das Mal besiehet und findet, daß an der Wand des Hauses gelbe oder rötliche Grüblein sind, und ihr Ansehen tiefer denn sonst die Wand ist, so soll er zum Hause zur Tür hinausgehen und das Haus sieben Tage verschließen. Und wenn er am siebenten Tage wiederkommt und siehet, daß das Mal weitergefressen hat an der Hauses-Wand, so

soll er die Steine heißen ausbrechen, darin das Mal ist, und hinaus vor die Stadt an einen unreinen Ort werfen. Und das Haus soll man inwendig rings herum schaben und sollen den abgeschabten Leimen hinaus vor die Stadt an einen unreinen Ort schütten, und andere Steine nehmen und an jener Statt tun und anderen Leim nehmen und das Haus bewerfen.

Und wenn das Mal wiederkommt und ausbricht am Hause, nachdem man die Steine ausgerissen und das Haus anders beworfen hat, so soll der Priester hineingehen und wenn er siehet, daß das Mal weitergefressen hat am Hause, so ist's gewiß ein fressender Aussatz am Hause und ist unrein. Darum soll man das Haus abbrechen, Stein und Holz und allen Leimen am Hause und solls hinausführen vor die Stadt an einen unreinen Ort ......"

Steine.

Das wichtigste Baumaterial des Altertums bildete der Stein, der zuerst wohl nur in Form von Findlingen zusammengetragen, später jedoch nach den im Abschnitte „Bergbau" geschilderten Verfahren aus Steinbrüchen gewonnen wurde. Auch in bezug auf die Steine galt der Grundsatz, daß man das Material im allgemeinen daher nahm, wo man es gerade am nächsten fand, und daß man nur für besondere Zwecke bestimmte Sorten aus größerer Ferne herbeischaffte. So ist Tiryns aus dem in der Nähe befindlichen Kalkstein erbaut, in Rom finden sich Steine von der ganzen italischen Halbinsel, vor allem aber solche aus den in der Nähe gelegenen Brüchen, an anderen Orten wieder verwendet man Sandstein. Allüberall aber zeigt sich das Bestreben, den Stein aus möglichster Nähe zu beschaffen. Schon in alten Zeiten sprengte man die Steine dadurch aus und trennte man größere Steine in kleinere, indem man sie mit Reihen von Löchern versah. In diese Löcher wurden Holzkeile hineingesteckt, die man dann durch Begießen mit Wasser zum Aufquellen brachte. Dörpfeld fand in den Gesteinen bei Tiryns noch derartige Löcher. Diese primitive Technik genügte, um die zum Bau der Mauern dieser Stadt verwendeten Steinblöcke von 2—3 m Länge, 1—2 m Dicke und 1 m Breite herauszusprengen. Das Gewicht einzelner Riesenstücke erreicht 20 000 kg. Diese Blöcke sind jedoch noch lange nicht die größten, die die Technik des Altertums schuf. Der Sockel des Jupitertempels in Baalbeck enthält Steine von geradezu gigantischer Größe. Man hat in den in der Nähe belegenen Steinbrüchen bearbeitete Bausteine aus dem 2. Jahrhundert n. Chr. gefunden, die



Abb. 539. Versetzter Riesenbaustein (vom Sockel des Jupitertempels in Baalbeck).

bei einer Breite von 4,26 m und einer Dicke von 4,60 m eine Länge von nicht weniger als 21 m aufweisen. Ihr Gewicht beläuft sich auf ungefähr eine Million Kilogramm. (Abb. 539 S. 400 und Abb. 540.) Fast möchte es unerklärlich scheinen, wie man solche Steine fortschaffte und sie auf die Höhe der Bauten hinaufhob, wenn wir nicht eben wüßten, daß man damals mit Menschenmassen arbeitete, die unserer heutigen Technik und ihrem Bestreben, Menschenarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen, vollkommen fremd geworden sind. Unter Umständen wurden derartige Steinkolosse sogar noch auf weiten Strecken Landes fortgeschafft. In Ravenna steht das wahrscheinlich um 520 nach Chr. errichtete Grabmal Theoderichs, das mit einer aus einem einzigen Steine hergestellten Riesenkuppel von nicht weniger als 11 m Durchmesser bedeckt ist. (Abb. 541.) Der Stein ist nicht in der Nähe gebrochen, sondern aus Istrien, wahrscheinlich auf dem Wasserwege, herbeigeschafft, hat also trotz seines Riesengewichtes einen weiten Weg zurückgelegt, ehe er am Orte seiner Bestimmung eintraf, wo es wiederum des Aufwands vieler Menschen und gewaltiger Kräfte sowie hoher Anrampungen bedurfte, um ihn auf seinen jetzigen Platz hinaufzuziehen. Aus einem Blocke hergestellte Säulen von 11 m Höhe finden sich in den Resten der Säulenstraße von Palmyra, und so treffen wir überall auf die Spuren einer antiken Steinbearbeitungstechnik, die auch vor den gewaltigsten Aufgaben nicht zurückschreckt.



Abb. 540. Bearbeiteter Baustein im Steinbruch von Baalbeck.
Länge 21 m, Breite 4,26 m, Dicke 4,60 m, Gewicht ca. 1 000 000 kg.
Nach einer Aufnahme im Deutschen Museum zu München.



Abb. 541. Das Grabmal des Theodorich zu Ravenna.

Diese Technik läßt sich bis in die Vorzeit zurückverfolgen und bediente sich stets sehr einfacher Werkzeuge. Außer durch Sprenglöcher und Holzklötze zertrennte man die Steine auch mit Hilfe von Messern oder Klingen, die im Anfang aus Holz, Knochen oder Horn hergestellt waren. Sie allein vermochten wegen ihrer Weichheit eine Durchtrennung des Steins freilich nicht zu bewirken, schliffen sie sich doch auf ihm glatt ab. Deshalb streute man feuchten Sand zwischen sie und die zu bearbeitende Steinfläche. Später benutzte man dann Werkzeuge aus Bronze, ferner solche aus gehärteter Bronze sowie aus Eisen und Stahl. Nach Flinders Petrie sollen die alten Ägypter Sägeblätter verwendet haben, deren Schneiden mit Edelsteinen besetzt

waren. Bei den Römern ist der Gebrauch derartiger Edelsteinsägen nicht nachgewiesen, doch läßt sich aus gewissen Anzeichen vermuten, daß sie zur Durchtrennung sehr harter Gesteine, wie z. B. des Granits, nicht nur Sand, sondern vielleicht sogar Stahlsand, d. h. ein Gemenge von Sand und Stahlfeile verwendeten, das unter die Zähne des schwach gekrümmten Sägeblatts gestreut wurde. Gegen die Verwendung von Edelsteinsägen spricht der sehr enge Schnitt an noch aufgefundenen halb bearbeiteten Steinen, der auf die Benutzung eines schmalen Sägeblattes schließen läßt. Das Einstreuen von gewöhnlichem Sand erwähnen auch Vitruv (II 7, 1) und Plinius (XXXVI 51). Während aus den Ausführungen Vitruvs hervorgeht, daß man für härteres Gestein ungezahnte, für weicheres hingegen gezahnte Sägen verwendete, weist Blümner anschließend auch auf die im Plinius erwähnte Verwendung von Sand hin, wonach der beste Sand der von Äthiopien sei. Der indische sei, ebenso wie der von Naxos und Koptos, zu weich und ergebe deshalb eine rauhere Schnittfläche. Die Sägen wurden zunächst mit der Hand in Bewegung gesetzt, später verwendete man besondere durch Wasserkraft angetriebene Sägemühlen. Der gallisch-römische Dichter Decimus Magnus Ausonius (etwa 310—396 n. Chr.) besingt in seinem Gedichte „Mosella" (Vers 359) die im Ruwertal stehenden Sägemühlen, in denen die für die Bauten der Kaiserstadt Trier bestimmten Steinplatten zerschnitten wurden.





Abb. 542. Das große Felsenmeer auf dem Felsberg im Odenwald (Granit).



Abb. 543. Römische Granitarbeit an der „Pyramide" im Odenwald.

Einen besonders lehrreichen Einblick in die römische Steinbearbeitungstechnik gewähren uns die Abhänge des Odenwalds, insbesondere die des 516 m hohen Fels-

berges. Sie sind mit Felstrümmern bedeckt, in denen die römischen Steinarbeiter das Material zu Bauten für die Städte Oppenheim, Mannheim, Mainz, Trier, Wiesbaden und Aachen losbrachen. Später wurde diese Stätte verlassen. Die heute noch dort herumliegenden mehr oder minder fertig bearbeiteten Steinblöcke (Abb. 542 bis 547) lassen uns wichtige Einzelheiten der altrömischen Technik der Stein-



Abb. 544. Der „Altarstein" von vorne. Seitlich Keillöcher.



Abb. 545. Der „Altarstein" von oben. Sägeschnitte und Keillöcher im Granitstein.

bearbeitung erkennen. Die Blöcke liegen in allen Stadien der Bearbeitung vor. Da ist z. B. die „Pyramide", die durch zwei horizontale Reihen Keillöcher in drei mächtige Stücke gespalten wurde. Ferner der „Altarstein", von dem bereits zwei zu Säulen bestimmte Balken losgetrennt sind. Er ist technisch der interessanteste von allen. Seine Länge beträgt 3—5 m, seine

Abb. 546. Bearbeitete Granitkolosse im Felsenmeer im Odenwald.



Abb. 547. „Riesensäule" auf dem Felsberg im Odenwald. Römische Granitarbeit.

Höhe 1,80 m. Tiefe Sägeschnitte von bewundernswerter Exaktheit zeigen die Absicht, weitere Balken von 52 und 62 cm Dicke zu gewinnen. Den Sägeschnitten wurden Keillöcher hinzugefügt und durch Abkeilen das gewünschte Werkstück herausgesprengt. Dabei nahm die Bruchfläche von selbst eine etwas rundliche Form an, die bei der wei-

teren Abrundung mitverwendet werden konnte. Das hierzu verwendete Sägeblatt muß eine Länge von mindestens 4½ m gehabt haben und erzeugte einen Schnitt von nur 4 mm Weite, also nicht mehr wie die modernsten Gattersägen. Noch viele andere Granitblöcke zeigen Bearbeitungsspuren. Großes Interesse beansprucht auch die sogenannte „Riesensäule" (Abb. 547 S. 403), die am oberen Ende des großen Felsenmeeres am Wege nach dem Dorfe Reichenbach liegt. In der Länge mißt sie 9,25 m, in der Dicke am unteren Ende 1,29 m, am oberen 1,05 m, was einer Masse von ungefähr 9 cbm, d. h. rund 500 Ztr. Gewicht gleichkommt. Eine zweite Säule von fast denselben Ausmessungen, nur weniger vollendet, liegt unweit davon. Beim Ausbrechen von Säulen verfuhr man in der Weise, daß man an einem Blocke die Länge der Säule durch tiefe Einschnitte festlegte. Dann wurde eine Halbsäule fertig ausgearbeitet. Nun meißelte man längs der Seiten dieser Halbsäule eine tiefe Furche in den Block und in diese zahlreiche Keillöcher. Nach dem Einsetzen und Begießen der Keile mußte infolge des halbkreisförmigen Verlaufs der beim Quellen der Keile entstehenden Drucklinien die Rückseite der Säule konvex ausspringen. Dieses Verfahren wurde bei den Ägyptern und später bei den Römern geübt. Die Griechen verwendeten in der Regel keine monolithischen Säulen, sondern setzten sie aus einzelnen Säulentrommeln zusammen, ein Verfahren, das übrigens auch die Römer in manchen Fällen (Jupitersäule Mainz usw.) anwendeten.



Abb. 548. Steinbearbeitung bei den Ägyptern. Meißeln mit Meißeln und als Hammer dienendem Stein. Glätten mit Poliersteinen usw.

Waren die Blöcke einmal ausgebrochen und in der geschilderten Weise vorbearbeitet, so geschah die Feinbearbeitung, d. h. das Zuhauen auf das richtige Maß, das Abschleifen und Polieren nach genau denselben Verfahren und mit genau denselben Hilfsmitteln sowie dem gleichen Handwerkszeug, wie wir es im allgemeinen auch heute noch zu benützen pflegen. (Abb. 548.)

Ziegel, Kunststeine und Kunstmassen.

Die im Altertume verwendeten Ziegel waren vielfach nur an der Sonne getrocknet oder schwach gebrannt. Stärkeren Brand wiesen in der Regel nur die glasierten Ziegel auf. Ihre Farbe schwankt je nach dem Eisengehalt des verwendeten Lehms innerhalb weiter Grenzen, man kennt zwischen Hellgelb und Dunkelrot fast alle Farbenabstufungen. Über ihre Herstellung ist in dem Abschnitte „Keramik" alles Nähere erwähnt. Der Ziegel des Altertums hat in der Regel eine quadratische Form oder die eines länglichen Rechtecks. Er gleicht also im allgemeinen dem unsrigen. Seine Größe ist sehr verschieden. Da die Technik des Ziegelbaus besonders bei den Römern eine hohe Stufe der Vervollkommnung erreichte, so wendete man dort auch der Anfertigung der

Ziegel weitgehende Aufmerksamkeit zu. Vitruv macht (II 3) nähere Mitteilungen über die Eigenschaften, die ein guter Ziegel haben soll, sowie über die Formen in denen man ihn am besten anfertigt. Er weist darauf hin, daß der zur Herstellung von Ziegeln dienende Lehm nicht sandig noch steinig noch griesig sein soll. Er soll sich leicht kneten lassen. Am besten sind festgelagerter Lehm oder weißliche Kreideerde. Die daraus hergestellten Ziegel sind leicht und gleichzeitig fest. Zur Anfertigung der Ziegel empfiehlt er die Frühlings- oder Herbstzeit, da dann ein langsames, gleichmäßiges Austrocknen stattfindet. Man muß sich davor hüten, daß die äußere Schicht ausdorrt, während das Innere noch naß bleibt. Ein guter Ziegel soll zwei Jahre lang austrocknen. Nimmt man unausgetrocknete Ziegel zum Bau, so schwinden sie in der Mauer, wodurch der Zusammenhang mit dem Verputz gelockert wird, der dann abfällt. Schon damals ließen sich die Uticenser amtlich bescheinigen, daß ihre Ziegel fünf Jahre lang getrocknet hatten. Vitruv kennt drei Arten von Ziegeln, von denen die eine, die „lydische", hauptsächlich in Rom gebraucht wird. Die andern beiden Formen sind in Griechenland gebräuchlich. Des weiteren erwähnt Vitruv noch Ziegel, die auf dem Wasser schwimmen, weil die Erde, aus der sie gestrichen werden, bimssteinartig ist.

Der gewöhnliche römische Ziegel ist breiter und flacher als der unsrige. Seine Größe ist sehr verschieden und hält sich durchaus nicht in den von Vitruv angegebenen Grenzen von 45 cm Länge und 30 cm Breite. Die meisten altrömischen Ziegel sind kleiner. Sie sind jedoch dauerhafter als die Maschinenziegel unserer Zeit, was wohl an der Handarbeit einerseits und an der Fertigkeit der Ziegelstecher andererseits lag. Die römischen Ziegel tragen in der Regel einen Stempel, entweder den des Fabrikanten oder die Nummer der Legion, deren Soldaten die Ziegel hergestellt hatten. (Abb. 194 S. 135.) Da man das römische Heer auch in Friedenszeiten beschäftigen mußte, damit der Müßiggang nicht zu Erhebungen und zur Auflehnung führte, so ließ man die nicht im Kampfe stehenden Soldaten Ziegel streichen oder Landstraßen bauen und sonstige Arbeiten verrichten.

(Weiteres über die Herstellung von Ziegeln siehe unter „Keramik" Seite 136ff.)

Neben den Quadersteinen und den Ziegeln wurden in einzelnen Fällen im Altertum auch **Kunststeine** und **Kunstmassen** als Baumaterial verwendet. Derartige Kunststeine fand man schon in den Ruinen des alten Babylon, sie bestehen nach der von **Rathgen** ausgeführten Analyse zu 94% aus Quarz und sind aus Quarz, Kalk und Magnesia zu einer Art Magma zusammengekittet. Eine weitere schon im Altertume bekannte Kunststeinmasse entspricht unserem heutigen Beton. Der **Beton** wurde hauptsächlich von den Römern verwendet. Die Grundlage zu seiner Herstellung bildete die bei Puteoli am Meerbusen von Neapel vorkommende Puzzolanerde, ein vulkanisches, ton- und kieselhaltiges Material, das durch Zusatz von gelöschtem Kalk widerstandsfähig gegen Wasser wurde. Man pflegte für Wasserbauten zwei Gewichtsteile von Puzzolanerde mit einem Teil gewöhnlichen Mörtels zu mischen. Die Herstellung der Bauten geschah nach dem heute üblichen Verfahren, indem man die Betonmasse — unter Umständen nach Zusatz von Sand und Steinbrocken — in aus Brettern hergestellte Formen eingoß oder einstampfte und sie darin erhärten ließ. Aus derartigem Beton stellte man hauptsächlich Kanalisationsröhren, Teile von Wasserleitungen und Hafenbauten usw. usw. her. Der Beton wurde sowohl in Form von Schüttungen verwendet wie auch in der gehärteter Betonblöcke, die man dann zusammenfügte. Aus solchen Blöcken wurde unter der Regierung **Caligulas** ein Molenbau bei Neapel errichtet. Bei aus Quadern hergestellten Gewölbebauten ver-

wendete man den Beton anstatt des reinen Mörtels als Bindemittel, d. h. also, anstatt des Mörtels. Man goß dann die zwischen den Steinen gelassenen Fugen damit aus.

Mörtel und Bindemittel.

Die im Altertume verwendeten Mörtel und sonstigen Bindemittel waren sehr verschiedenartiger Natur. Schon bei den alten Babyloniern kennt Herodot zwei Arten von Bindemitteln, um die Steine der Bauten zusammenzuhalten. Das eine (II 186) ist das schon mehrfach erwähnte und oben bereits (siehe Seite 388) ausführlich beschriebene Verfahren der Verbindung durch Eisen und Blei, das andere (II 179) besteht in der Verwendung von heißem Erdharz, also Asphalt. Daß sich die mit Asphalt verbundenen Steine Jahrtausende hindurch festgefügt erhalten haben, beweisen die Ausgrabungen Layards in den Ruinen von Ninive und Babylon. Die feste Bindung beruht darauf, daß sich der heiß aufgetragene Asphalt in die Steine hineinzog, sie durchsetzte, wodurch gleichzeitig auch ein Schutz gegen Witterungseinflüsse erzielt wurde. Der von den Babyloniern verwendete Asphalt stammt von den Erdölquellen am Is, einem Nebenflusse des Euphrat. Man ließ die leichter flüchtigen Bestandteile des Erdöls verdunsten, wodurch das zu den babylonischen Bauten benutzte Erdharz zurückblieb. Die Kenntnis von der babylonischen Bauart mit Asphalt war auch den Römern bekannt und wird z. B. von Plinius (XXXV 51) erwähnt. Ebenso beschreibt Vitruv (VIII 3) den Asphalt, und auch Plinius geht an anderer Stelle (V 16) auf ihn ein. Aber trotz dieser Kenntnis benutzte man ihn bei den Römern nicht mehr als Bindemittel.

Hingegen stand er bei den Ägyptern in vereinzelten Fällen noch im Gebrauch, die im übrigen aber bei fast allen ihren Bauten die hauptsächlichsten beiden Mörtel des Altertums, den Gips und den Kalk, sowie Gemenge aus beiden verwendeten. Wie aus der Besprechung der ägyptischen Kanalisationseinrichtungen hervorgeht (siehe Seite 443), wurde dort zum Einkitten des Ablaufrohres ein Mörtel verwendet, der aus 45,54% Gips und 41,36% kohlensaurem Kalk bestand. Außerdem enthielt er noch 13,10 % unlösliche Bestandteile, meist scharfkantige durchsichtige Quarzteilchen und Teilchen von Silikatgestein. Lucas hat auf Grund der von ihm ausgeführten Analysen die Frage aufgeworfen, ob die alten Ägypter einen Kalkmörtel mit Sandzusatz kannten oder ob sie nur Gipsmörtel verwendeten, die mehr oder weniger stark mit kohlensaurem Kalk verunreinigt waren. Analysen, die mit den heutigentags in Heluan gewonnenen Gipsen vorgenommen wurden, legen die letztere Vermutung nahe. Diese Vermutung wird dadurch verstärkt, daß Gips und Kalk in Ägypten allgemein nebeneinander vorkommen.

Weitere Analysen liegen über Mörtelproben vor, die Lepsius schon vor Jahrzehnten der Pyramide des Chefren entnommen hat. Über die Ergebnisse dieser Analyse und die daraus zu ziehenden Schlüsse macht Rathgen folgende Mitteilungen:

„Mörtel Chefrenpyramide, Inv. Nr. 1334. Gipsmörtel mit weniger Kalk, mit oft bis 1 cm großen Gipskristallstücken und wenigen meistens abgerundeten Quarzkörnern.

Mörtel Chefrenpyramide, Inv. Nr. 1334. Kalkmörtel mit vielen Kalksteinstückchen, mit sehr wenigen scharfkantigen Quarz- und vereinzelten Gipskristallteilchen.

Mörtel Chefrenpyramide, Inv. Nr. 1342. Gemenge von Gips- und Kalkmörtel mit Stücken von Gipskristallen und geringen Mengen von Kalksteinstückchen und meistens

abgerundeten Quarzteilchen. Die Zusammensetzung dieses Mörtels der Chefrenpyramide ist ganz ähnlich wie die des Mörtels von der Wasserleitung des Sahurêgrabdenkmals (s. S. 443) und wie die des Mörtels von der Sphinx." (Siehe S. 348.)

Nach allem kann man wohl sagen, daß die alten Ägypter im allgemeinen Gips als Mörtel verwendeten, dessen Gehalt an kohlensaurem Kalk, wenn dieser aus Ätzkalk stammte, meistens vielleicht ein zufälliger war, daß aber die Verwendung des kalkhaltigen Gipses sie veranlaßt haben mag, oft absichtlich vor dem Brennen dem Gips Kalk zuzusetzen, und daß sie unter Umständen selbst Kalkstein allein brannten. Als Magermittel haben sie zerkleinerten ungebrannten Gips und Kalksteinstücke benutzt, meistens wohl derart, daß sie einfach den Grus ihrer Arbeitsstätte verwendeten, woraus sich auch der geringe und schwankende Betrag an Unlöslichem erklärt."

Über die Zusammensetzung der griechischen Mörtel sind wir gleichfalls durch Analysen unterrichtet, die uns zeigen, daß man hauptsächlich Kalkmörtel verwendete. So waren bereits die Steine der um 400 v. Chr. errichteten Rednertribüne auf der Pnyx, dem Versammlungsplatze des Volkes in Athen, mit einem Kalkmörtel zusammengefügt, dem Sand beigemengt war. Nach der Analyse bestand dieser Kalkmörtel aus:

45,7% gebranntem Kalk
37,0% Kohlensäure
12,0% Sand

und enthielt Beimischungen von Magnesia, Tonerde und Eisenoxyd, die von dem verwendeten Kalk und Sand herrührten. Im Laufe der Zeiten steigt der Sandgehalt des Mörtels immer mehr an (siehe z. B. unten die Vorschriften des Vitruv). Besonders bemerkenswert sind die Untersuchungen Rathgens über Mörtel aus dem alten Pergamon, der somit ein Alter von etwa 1700 Jahren aufweist. Dieser Mörtel zeichnet sich dadurch aus, daß dem Kalk als Magermittel außer den gewöhnlich verwendeten derartigen Stoffen, also Sand und Kies, auch noch Gehäuse von Meeresschnecken und zwar die einer Murexart zugesetzt waren. Da das Gehäuse der Schnecken gleichfalls aus Kalk besteht, so lag die Frage nahe, ob nicht auch die Grundmasse des Mörtels, der gebrannte Kalk, durch Brennen von Schneckengehäusen gewonnen wurde, oder ob man ihn in gewöhnlicher Weise durch Brennen von Kalkstein erhielt. Da die Schneckengehäuse noch Phosphorsäure enthalten, so konnte nur ein Gehalt des Mörtels an dieser die Annahme der Verwendung von Schneckengehäusen beweisen. Tatsächlich ließ sich ein Gehalt von Phosphorsäure im Mörtel nachweisen, der aber etwas größer war als der der ebenfalls analysierten Schneckengehäuse. Dieses Mehr an Phosphorsäure läßt sich nur dadurch erklären, daß es aus den Leibern lebender Schnecken stammt. Auf Grund der Analysen läßt sich also der Schluß ziehen, daß man zur Beschaffung des Kalks für den pergamenischen Mörtel Schneckengehäuse und darunter auch solche, in denen sich noch lebende oder abgestorbene Tiere befanden, vom Meeresstrand auflas und sie brannte. Dem gebrannten Kalk setzte man als Magerungsmittel dann außer Sand und Kies auch noch Gehäuse von Meeresschnecken zu, die teilweise wiederum Tiere enthielten. Die in diesen Tierleibern enthaltene Phosphorsäure mengte sich dann gleichfalls dem Mörtel bei, so daß dessen Gehalt an Phosphorsäure ein höherer ist, als der der Schneckengehäuse, aus denen er hergestellt wurde.

Die römischen Mörtel waren gleichfalls in der Hauptsache Kalkmörtel. Über ihre Herstellung gibt Vitruv (II 5) an, daß man guten Kalk aus weißem Bruchstein oder Geröll brennen solle. Der aus dichtem und härterem Stein gewonnene ist für

das Mauerwerk, der aus löcherigem aber für den Verputz vorteilhaft. Die Mischung des Kalks mit dem Sande soll bei Grubensand im Verhältnis von drei Teilen Sand zu einem Teile Kalk geschehen, bei Fluß- oder Meersand soll ein Drittel gesiebtes Ziegelmehl beigegeben werden.



Abb. 549.



Abb. 550.



Abb. 551.

Abb. 549—551. Kalkofen im Grödener Tal (Abb. 549 von vorne, Abb. 550 von der Seite, Abb. 551 von oben).

Der Kalkofen ist (s. Abb. 551) am Fuß eines Hügels angebaut, besteht aus roh geschichteten Steinen und ist von geringer Höhe. Er wird mit Holz oder Holzkohle und Kalksteinen gefüllt und entzündet. Die Flammen schlagen oben heraus. Nach dem Brand wird der gebrannte Kalk durch die vordere Öffnung entnommen.

Das Brennen des Kalkes geschah in Kalköfen, die nach Cato (XXXVIII 1) in unterirdischen, eigens gegrabenen Vertiefungen angelegt werden sollten, um jeden Wind von ihnen abzuhalten. Wenn sich die Vertiefung nicht tief genug herstellen läßt (der Ofen sollte 20 römische Fuß hoch, unten 10, oben 3 Fuß

breit sein; 1 römischer Fuß = 0,29574 m), so setze man oben einen Rand von Ziegeln oder Bruchsteinen auf, der außen mit Lehm verstrichen wird. Man kann ein oder zwei Heizlöcher anbringen. Es handelt sich also um einen jener Öfen, wie sich in entlegenen, früher unter römischer Herrschaft gestanden habenden oder diesen benachbarten Gegenden heute noch in gleicher Ausführung finden. Besonders typisch haben sie sich z. B. im Grödener Tal erhalten, wo wir ja außer auf die Sprache auch sonst noch auf viele Überreste altrömischer Kultur stoßen. (Abb. 549—551.)

Das Löschen des Kalks bzw. das Anrühren zu Mörtel geschah in besonderen Gruben mit Hilfe einer Art von Harke (ascia), die der heute gebräuchlichen ähnelte; zum Auftragen bediente man sich der Mauerkelle, deren Form gleichfalls der jetzt benutzten entsprach. (Siehe die Abbildungen Seite 398 und 399.)

Neben dem Kalkmörtel verwandten die Römer aber auch hydraulische Mörtel, d. h. Mörtel, die unter Wasser erhärten. Ihr wichtigster hydraulischer Mörtel war die oben schon (siehe Seite 405) erwähnte Puzzolanerde. Dann kannten sie aber auch den babylonischen Zement, aus der im Westen des Euphrats sich ausbreitenden Ebene, den schon die Babylonier unter Zumischung von Asche zum Bau ihrer Brunnen verwendet hatten. Aber auch an anderen Stellen der Erde wußten ihre Baumeister mit richtigem Blicke Gesteinsarten zu erkennen, aus denen sich hydraulische Mörtel herstellen ließen. Eine solche Gesteinsart fanden sie z. B. in den Trassen der Eifel, des Mosel-, Nette- und Brohltals sowie ferner im Ries bei Nördlingen. Die Eifeltrassen haben beim Bau der unter den Kaisern Trajan (98—117 n. Chr.) und Hadrian (117—138 n. Chr.) erbauten großartigen Wasserleitung Kölns eine wichtige Rolle gespielt, die an der Stelle des jetzigen Kölner Doms endigte und die außer Köln (Colonia Agrippinensis) auch noch verschiedene römische Befestigungen mit Wasser versorgte. Der Mörtel dieses Römerkanals ist von einer geradezu wunderbaren Härte und Festigkeit. Wie Sprengarbeiten zeigten, ist er sogar fester als der natürliche Fels. Seine Festigkeit hat zu allen möglichen Faseleien Veranlassung gegeben, wie z. B. zu der Behauptung, daß die Römer besondere Geheimnisse der Mörtelbereitung besessen hätten, daß sie weißen Zucker (!!) oder Wein oder Kochsalz u. dgl. zugesetzt hätten. In neuerer Zeit sind nun zahlreiche Analysen vom Mörtel des Eifeler Römerkanals (durch das Preußische Materialprüfungsamt, ferner durch Lüttgen, Hambloch, Kiepenheuer usw. usw.) ausgeführt worden. Der Traß wurde durch einfaches Zermahlen der Tuffsteine der Eifel für die Herstellung des Mörtels vorbereitet. An anderen Stellen der langen Leitung, wohin der Transport des Trasses zu weit gewesen wäre, nahm man zur Bereitung des hydraulischen Mörtel einen Kalkmergel, der als wasserbeständige Bestandteile Kieselsäure und Tonerde führt, die mit der Kalkerde eine im Wasser in ähnlicher Weise wie der Traß erhärtende Verbindung eingehen. Der aus dem Kalkmergel, dem sogenannten „Eifeler Wasserkalk" gewonnene hydraulische Mörtel wurde aus 1 Teil dieses Wasserkalks mit 3—4½ Teilen Sandkies zusammengemischt. Die rote Putzschicht besteht aus Eifeler Wasserkalk, zugemischtem Ziegelmehl und Ziegelstücken. Sie wurde in einer Dicke aufgetragen, die zwischen 2 mm und 1 cm schwankt.

Von einer Verwendung des Gipses als Mörtel scheinen die Römer im allgemeinen abgesehen zu haben.

Literatur zu den Abschnitten: „Der Städtebau", „Befestigungen", „Städtische Straßen und Plätze", „die Häuser", „Monumentale und Öffentliche Bauten, Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

Altmann, Palast und Wohnhaus im Altertum. Umschau 1907, S. 844 ff.
— Italische Rundbauten. Berlin 1906.
Anderson und Spiers, Architektur in Griechenland und Rom. Leipzig 1905.
Andrä, Ausgrabungen in Assur. Mitt. der deutschen Orientgesellschaft 1905, Nr. 28, S. 51.
Anonymus, Beton bei den Chinesen und im Altertum. Bauwelt 1912, Nr. 3, S. 34.
— Der größte von Menschenhand bearbeitete Stein. Welt der Technik 1913, Nr. 19, S. 373.
— Die Statue eines sumerischen Königs. Welt d. Technik 1905, Nr. 22, S. 434.
— Imprägnieren des Holzes im Altertum. Polytechn. Zentralblatt 1902/03, S. 171.
— Städtebauwesen in römischer Zeit. Welt der Technik 1904, S. 33.
Anthes, Der gegenwärtige Stand der Ringwallforschung. Bericht über die Fortschritte der römisch-germanischen Forschung 1905, S. 26. Frankfurt a. M. 1906.
Archenhold, Über ein Nivellierinstrument und Tunnelbau im Altertum. Welt d. Technik 1904, Nr. 10, S. 173.
Arnold, Das altrömische Theatergebäude. Leipzig 1873.
Bäck, Aus dem Alten Babylon. Das Wissen. 4. Jahrg., Nr. 10 u. 11.
Ballu und Cagnat, Timgad, une cité africaine. Paris 1897.
Banks, Babylonian Excavations by the Germans. Scientific American 1913, S. 357 ff.
— Excavations at Nippur. Scientific American. 1901. S. 133.
Beckmann, Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Leipzig 1783—1805.
Behla, Die vorgeschichtlichen Rundwälle im östlichen Deutschland. Berlin 1888.
Blümner, Römische Privataltertümer. München 1911.
— Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Band II. Leipzig 1879.
Borchardt, Die Pyramiden. Berlin 1911.
— Das altägyptische Wohnhaus im 14. Jahrhundert v. Chr. Zeitschrift für Bauwesen 1916. 66. Jahrg. Heft 10, 11, 12. S. 510 bis 558.
Borrmann und Neuwirth, Geschichte der Baukunst. Leipzig 1904. Band I.
Brinkmann, Sitzungsberichte der Altertumsgesellschaft Prussia. 1900. Bd. 21.
Cäsar, De Bello Gallico IV, 16—19.
Caster, Der Nutzen der Masken in den alten Theatern. Referat im Prometheus 1898, S. 319.
Cohausen, Der römische Grenzwall in Deutschland. Wiesbaden 1884.
— Die Befestigungsweisen der Vorzeit und des Mittelalters. Herausg. v. Jähns. Wiesbaden 1898.
— Die Wallburgen, Landwehren und alten Schanzen des Regierungsbezirks Wiesbaden. Nassauische Annalen, XV, 343 ff. und XVII, 107 ff.
— Ringwälle. Braunschweig 1861.
Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.
Curtius, Adler und Hirschfeld, Die Ausgrabungen zu Olympia. Berlin 1877 bis 1881.
Delitzsch, Babel und Bibel, ein Rückblick und Ausblick, Stuttgart.
— Babel und Bibel. Leipzig.
— Ein Gang durch Babylon. Daheim 1884.

Diels, Antike Türen und Schlösser in „Antike Technik", S. 34ff. Leipzig u. Berlin 1914.
Dörpfeld, Jakobsthal und Schazmann, Bericht über die Arbeiten zu Pergamon. Athen 1908.
— und Reisch, Das griechische Theater. Athen 1896.
Dow Covington, Forschungen über die Cheopspyramide von 1902—1911. Referat der Tägl. Rundschau v. 13. Juli 1911.
Durm, Die Baukunst der Griechen. Leipzig 1912.
— Die Baukunst der Etrusker und Römer. Leipzig 1912.
Emerson, The Mining of Herculaneum. Scientific American, 1912, S. 420.
Ewald, Die Cheopspyramide und ihre symbolische Bedeutung. Welt der Technik 1906, S. 269.
Eyth, Der Kampf um die Cheopspyramide. Heidelberg 1902.
Fabricius, Das römische Lager mit besonderer Rücksicht auf die Saalburg. „Die Saalburg," Mitt. d. Vereinigung der Saalburgfreunde. Nr. 22/23, 1910.
— Die Besitznahme Badens durch die Römer. 1905.
Fiechter, Das italienische Atriumhaus. Festschrift für Hugo Blümner. 1914.
Fink, Der Verschluß bei den Griechen und Römern. Regensburg 1890.
Forchhammer, Über die kyklopischen Mauern Griechenlands und die Schleswig-Holsteinischen Felsmauern. Kiel 1842.
Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.
Fuchs, Römische Granitarbeiten im Odenwald. Das Wissen 1913, Heft 7, S. 73 ff.
Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museum Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.
Führer, Kurzer, durch das Provinzialmuseum in Trier. Trier 1911.
Gell, Probestücke von Stadtmauern des alten Griechenlands. München 1831.
Gesell. Les Monuments antiques de Algérie. Paris 1901.
Giesenhagen, Die Kieselgur. Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt 1910, Nr. 19.
Göttling, Das Tor von Mykenä. Rheinisches Museum 1842, S. 161 ff.
Goudias, Lenormant et Babelon, Histoire ancienne de l'Orient jusqu'aux guerres médiques. Paris.
Gutscher, Vor- und frühgeschichtliche Beziehungen Istriens und Dalmatiens zu Italien und Griechenland. Graz 1903.
Hennig, Die angebliche Kenntnis des Blitzableiters vor Franklin. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Band II, S. 97 ff.
Herodot, Geschichten. I, 180—182; II, 37, 47, 124—127 u. s. w.
Herzog, Vorläufiger Bericht über die koische Expedition im Jahre 1904. Archäologischer Anzeiger, Bericht zum Jahrbuch des kaiserlich deutschen archäologischen Instituts 1905, S. 1 ff.
Heß, Ein russisches Pompeji. Universum 1910, 27. Jahrg., S. 89 ff.
Hesse-Wartegg, Benares. Monatshefte von Velhagen und Klasing. Jahrg. 1905.
Hettner, Zu den römischen Altertümern von Trier und Umgebung. Westd. Zeitschr. 1891, 10. Jahrg., S. 53 ff.
Heyne, Das deutsche Wohnungswesen von den ältesten Zeiten bis zum 16. Jahrhundert. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. Bd. I S. 364.
Hirschfeld, Die Entwicklung des Städtebaus. Zeitschr. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1890.
Holtzinger, Die altchristliche und byzantinische Baukunst. Leipzig 1912.
Hoops, Reallexikon der germanischen Altertumskunde (Ringwall am Altkönig) Bd. I. Straßburg 1911.
Hueisen, Die Thermen des Agrippa, ein Beitrag zur Topographie des Marsfeldes in Rom. Rom 1910.
Hülsen, Ägyptische Baukunst zur Zeit Mosis. Vortrag, gehalten im Verein für jüdische Geschichte und Literatur zu Frankfurt a. M., November 1912.
— Neue Ausgrabungen in Rom. Vossische Zeitung 1916, Nr. 54.
Jaeck, Industrie und Gewerbe im Altertum. Prometheus 1898, S. 434 ff.
Jacer, Mörtelbereitung bei den Römern. Tonindustrie-Zeitung 1916, S. 298.
— Römische Werkzeuge der Mörteltechnik. Tonindustrie-Zeitung 1916, S. 328.
Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.
— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.
Jahn, Römisches Handwerkzeug. Abhandl. d. phil.-hist. Klasse der sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften 1868, S. 275.
Jeep, Der Asphalt und seine Anwendung in der Technik. Leipzig 1899.
Jordan, Topographie Roms.
Joseph, Die Paläste des homerischen Epos. Berlin 1895.
Kiepenheuer, Der Eifeler Römerkanal, insbesondere die Zusammensetzung seines Mörtels. Baumaterialien-Markt 1910. Nr. 25.

Kiepenheuer, Vom Eifeler Römerkanal und seinem Mörtel. Umschau 1911, Heft 31, S. 645.

Kiepert, Neue Aufnahmen d. Engländer in Assyrien. Zeitschr. f. allg. Erdkunde 1856.

Kluge, Die ältesten Baupolizeigesetze der Welt. Welt der Technik 1908, S. 408.

Kluge, Die Pyramiden, ihre Entstehung und ihr Bau. Welt der Technik 1914, S. 61.

Koldewey, Ausgrabungen zu Sendschirli. Berlin 1893.

— Das wiedererstandene Babylon. Leipzig 1913.

Krause, Deinokrates oder Hütte, Haus und Palast, Dorf, Stadt und Residenz der alten Welt. Jena 1863.

Krüger, Der Arenakeller des Amphitheaters zu Trier. Röm.-germ. Korrespondenzblatt, Jahrg. II, 1909, S. 81.

— Die Trierer Römerbauten. Trier 1909.

Lange, Das antike griechisch-römische Wohnhaus. Leipzig 1872.

— Haus und Halle. Leipzig 1885.

Layard, Nineveh und Babylon (übersetzt von Zenker). Leipzig 1855.

— The Monuments of Ninive. London 1849 u. 1853.

Lehmann-Haupt, Armenien einst und jetzt. Berlin 1910.

— Die historische Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.

Leroux, Les origines de l'edifice hypostyle. Paris 1913.

Lesch, Römische Kalköfen. Tonindustrie-Zeitung 1916, S. 274.

Letavouilly, Les Edifices de Rome moderne. Paris 1860.

Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit. Der Wohnungsbau. Stuttgart 1912.

Loskay, Die astronomischen Beziehungen der Cheopspyramide. Budapest 1904.

Luckhard, Das Privathaus im ptolomäischen und römischen Ägypten. Gießen 1914.

Mansch, Das Mysterium der Cheopspyramide. Welt der Technik 1907, S. 472.

— Die Cheopspyramide und ihre symbolische Bedeutung. Welt der Technik 1906, S. 188

— Gab es schon vor Franklin Blitzableiter? Die Welt der Technik 1911, S. 437.

Marquart-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.

Mayer, Bilder aus alter Holzbaukunst. Das Wissen 1914, Nr. 16, S. 237 f.

— Schloß und Schlüssel im Wandel der Zeiten. Das Wissen 1913, S. 193.

Mazois, Le Palais de Scaurus. Paris 1869.

Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.

Mörtel vom Palast des Diokletian in Spalato. Tonindustrie-Zeitung 1914, S. 995.

Müller, Das attische Bühnenwesen. Gütersloh 1902.

Näher, Der goldene Schnitt und die Geheimnisse der Cheopspyramide. Köln a. Rh. 1907.

Néroutsos-Bey, L'ancienne Alexandrie. Paris 1888.

Neuburger, Das Geheimnis des Sphinx von Gizeh. Reclams Universum 1914, 30. Jahrg., Heft 18.

— Die ältesten Blitzableiter. Prometheus 1892.

— Die Römerschanze. Zu den Ausgrabungen in Nedlitz. Berliner Morgenpost, 22. Oktober 1911.

Neumann, Verwendung leichter Ziegel im Altertum. Zeitschrift für angewandte Chemie. 1916. Heft 16, S. 97.

Niederstädt, Die altrömischen afrikanischen Städte. Vortrag, gehalten im Berliner Architektenverein, Dezember 1910.

Nielsen, Straßenhygiene im Altertum. Archiv für Hygiene 1902, Heft 2, S. 85 ff.

Niemann und Petersen, Die Städte Pamphiliens und Pisidiens. Wien 1892.

Nissen, Pompejanische Studien zur Städtekunde des Altertums. Leipzig 1877.

N. N., Blitzableiter im Altertum. Berliner Tageblatt am 25. August 1904.

Noack, Die Baukunst des Altertums. Berlin.

Oefele, Der älteste Stadtplan der Welt. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1903, S. 265.

Opitz, Das Theaterwesen der Griechen und Römer. Leipzig 1889.

Oppermann, Atlas vorgeschichtlicher Befestigungen in Niedersachsen. Hannover 1888—90, fortgesetzt von Schuchhardt.

Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern u. Kunstwerken. Leipzig 1884.

Palladio, Le terme dei Romani, giusta l'esemplare del Lord conte di Burlington impresso in Londra l'anno 1752. Vicenza 1797.

Pastor, Altgermanische Monumentalkunst. Leipzig 1910.

Peet, The Stone and bronze ages in Italy and Sizily. Oxford 1909.

Perrot und Chipiez, Geschichte der antiken Kunst, übers. von Pietschmann. Leipzig 1882—1883.

Peuker v., Das deutsche Kriegswesen der Urzeiten. Berlin 1860—64.

Pfretzschner, Die Grundrißentwicklung der römischen Thermen. Erlangen 1908.

Pfuhl, Vorgriechische und griechische Haustypen. Festschrift für Hugo Blümner 1914.

Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der tech-

nischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Prestel, Die Baugeschichte des jüdischen Heiligtums und der Tempel Salomons. Stuttgart 1902.
— Die Kalk- und Mörtelbereitung im alten Rom. Die Bauwelt 1917, Heft 23, S. 3.
Puchstein, Die griechische Bühne. Berlin 1900.
Quilling, Die Ausgrabungen für das historische Museum zu Frankfurt a. M. auf dem christlichen Heddernheimer Friedhofe im Winter 1891—92 und Sommer 1892. Mitt. über römische Funde in Heddernheim, Heft I, S. 1 ff. Frankfurt a. M. 1894.
— Die Saalburg. Frankfurter Nachrichten, 8. u. 10. Juni 1913.
Rathgen, Über einige antike Mörtel. Tonindustrie-Zeitung 1911, Nr. 46.
— Über Ton und Glas in alter und uralter Zeit. Vortrag, geh. auf der Hauptversammlung des deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie. Februar 1913. Referat, Chemiker-Zeitung 1913.
— Magnesit als Fußbodenbelag. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. Bd. 6, S. 352.
Ravoth, Die Verwertung der Baustoffe durch den Menschen. In Krämer, Der Mensch und die Erde, Band VI, S. 1 ff.
Reber, Des Vitruvius Zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.
— Geschichte der Baukunst im Altertum. Leipzig 1866.
Röder, Aus dem Leben vornehmer Ägypter. Leipzig 1912.
Rohland, Aus der Geschichte der Mörtelmaterialien. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Band II, S. 91 ff.
— Aus der Geschichte des Eisenbetons. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Band III, S. 423 ff.
— Erhärtungsvorgänge. Aus der Natur 1912, Heft 7, S. 197 ff.
Rosenzweig, Das Wohnhaus in der Misnah. Berlin 1907.
Schleyer, Bäder und Badeanstalten. Leipzig 1909.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
— Mykenä. Bericht über meine Forschungen und Entdeckungen in Mykenä und Tiryns. Leipzig 1878.
— Tiryns. Der prähistorische Palast der Könige von Tiryns. Leipzig 1886.
Schmidt, Aus der antiken Mechanik. Neue Jahrbücher für das klassische Altertum 1904, S. 329—351.
— Die Jagdvilla zu Fliekem. Trier 1843.
— Heronis Alexandrini Opera Quae supersunt Omnia. Leipzig 1899.
Schönborn, Die Skene der Hellenen. Leipzig 1858.
Schreiber und Sieglin, Die Nekropole von Kôm-esch-Schukâfa. Leipzig 1908.
Schubart, Ein Jahrtausend am Nil. Berlin 1912.
Schulz, Das germanische Haus in der vorgeschichtlichen Zeit. Würzburg 1914.
Schulze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland. Gütersloh 1906.
Schuster, Die alten Heidenschanzen Deutschlands. Österr. Militär-Zeitschr. IX, S. 145 ff.
Schütte, Städtebau im Altertum. Vortrag, gehalten im Berliner Architektenverein im Februar 1911.
Söllner, Die hygienischen Anschauungen des römischen Architekten Vitruvius. Jenaer Medizinisch-historische Beiträge 1913, Heft 4.
St.., Una Visita al Teatro Romano di Verona. Verona.
Staatsmann, Die Maße der Cheopspyramide. Welt der Technik 1911, S. 128.
Stadelmann, Die Elektrotechnik in der Bibel. Elektrotechnischer Anzeiger 1909, Nr. 59, S. 656.
Steindorff, Die Blütezeit des Pharaonenreiches. Bielefeld 1900.
Stephani, Der älteste deutsche Wohnbau und seine Einrichtung. Leipzig 1902.
Strack, Das altgriechische Theatergebäude. Potsdam 1834.
Stübben, Der Bau der Städte in Geschichte und Gegenwart. Berlin 1895.
— Die Stadt in der Wüste. Tägliche Rundschau. Beilage vom 9. 10. u. 11. Oktober 1911.
Tacitus, Annalen XV, 43.
— Germania Kap. 16.
Tubeuf, Maßregeln gegen Hausschwamm im Alten Testament. Naturwissenschaftliche Zeitschr. für Land- und Forstwirtschaft 1903, Heft 4, S. 168.
Untersuchungen mit altem Mörtel von der Insel Thera. Mitt. des königl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde 1905.
Urbanitzky, Elektrizität und Magnetismus im Altertum. Wien 1887.
Wagner, Fundstätten und Funde aus vorgeschichtlicher, römischer und alemannisch-fränkischer Zeit im Großherzogtum Baden. Tübingen 1911.

Wiegand und Schrader, Priene. Berlin 1903.
Wieseler, Theatergebäude und Denkmäler des Bühnenwesens bei den Griechen und Römern. Göttingen 1851.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient. Egyptians. London 1878.
Wilmowski, Das römische Bad zu Wasserliesch. Jahresbericht der Gesellschaft für nützliche Forschungen. Trier 1858.
Winnefeld, Die Villa des Hadrian bei Tivoli. Jahrb. d. kaiserl. deutsch. archäol. Instituts. Ergänzungsheft III. Berlin 1895.
Wolff, Bericht über die Arbeiten der Ausgrabungskommission in den Jahren 1903 bis 1906. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV, S. 58. Frankfurt a. M. 1907.
Wolff, Römische Villa in Praunheim (bei Heddernheim). Mitt. üb. römische Funde in Heddernheim. Heft IV. Frankfurt a. M. 1907.
Wood. The ruins of Palmyra, otherwise Tedmor in the desert. London 1753.
Woyte, Antike Quellen zur Geschichte der Germanen. Leipzig 1913.
Wüstemann und Ernst, Palast des Scaurus oder Beschreibung eines römischen Stadthauses. Gotha und Erfurt 1820.
Zetzsche, Technik und Kunst. Welt der Technik 1904, S. 105 ff.
Zschiesche, Die vorgeschichtlichen Burgen und Wälle im Thüringer Zentralbecken. Halle 1889.
Zumpt, Über die bauliche Einrichtung des römischen Wohnhauses. Berlin 1852.

Die Wasserversorgung.

Wie das Tier, so hat auch der Mensch einst dem Wasser nachgespürt: er mußte darnach suchen, wenn er trinken wollte. Flußläufe, Seen und Quellen boten ihm hierzu Gelegenheit. Sie alle haben aber die Eigenschaft, unter Umständen zu versiegen. In diesem Falle tritt dann die primitivste Technik der Wasserversorgung auf: das Scharren nach dem versickerten köstlichen Naß. Haberlandt hat nachgewiesen, daß das Aufscharren des Sandes ein noch heute von den primitiven Völkern Australiens geübtes Verfahren zur künstlichen Erreichung von Wasser darstellt. Aus der Weiterbildung dieser Wasserscharrlöcher („soakages") im Untergrund ausgetrockneter Flußbetten sind dann die Brunnenlöcher im Sand oder weichen Gestein entstanden. Bei besonders wasserarmem Boden findet sich nach den Haberlandtschen Untersuchungen in Australien ein weiterer technischer Fortschritt: der Saugbrunnen, der hier allerdings in einer noch sehr einfachen Form auftritt: man stößt einen Speer tief in den Boden, steckt einen Büschel trockenen Grases, das dazu dient, die groben Verunreinigungen zurückzuhalten, in das Loch und führt mitten durch dieses einen Rohrhalm ein, durch den das Wasser aufgesogen wird. Da Haberlandt ähnliche Einrichtungen auch bei den Hottentotten und Buschmännern Südafrikas sowie bei den Feuerländern nachweist, und da nach einer allgemein anerkannten Theorie die Entwicklungsstufen der Menschheit in ihren Uranfängen denen der jetzigen primitiven Völker gleichen, so können wir auch in bezug auf die Technik der Wasserversorgung annehmen, daß man vom Scharrloche zum Brunnen und von da aus zum Saugbrunnen gelangt ist.

Wasserversorgung im Orient.

In dem Maße, wie der Mensch seßhaft wurde, konnte diese Art der Wasserversorgung nicht mehr genügen. Man erkennt die Wichtigkeit des Wassers und sucht es den Ansiedlungen, soweit sie nicht an genügend großen natürlichen Wasserläufen liegen, durch besondere Einrichtungen zuzuführen. Es entstehen die ersten Wasserleitungen, die in einem künstlich hergestellten Graben von größerer oder geringerer Neigung bestanden, der oben zunächst noch unbedeckt war und das Wasser der Ansiedlung zuleitete. Jeder, der Wasser brauchte, schöpfte einfach daraus. Um das Schöpfen zu erleichtern, brachte man an der Wasserrinne besondere Schöpfbecken an. Eine solche aus einer Rinne mit Schöpfbecken bestehende antike Wasserleitung entdeckte Layard bei seinen Forschungen über das alte Assyrien: Sie befindet sich in einer Schlucht zu Bavian. Layard schreibt darüber: „Höher hinauf in der Schlucht ließ ich ebenfalls den Boden wegräumen und fand eine Reihe in den Felsen gehauener Wasserbecken, die stufenweise in den Fluß hinabführten. Das Wasser war ursprünglich

durch kleine Rinnen aus einem Becken in das andere geleitet worden, und an der Mündung des untersten waren zwei springende Löwen im Relief als Verzierung angebracht (Abb. 552). Wir reinigten die verstopften Rinnen, gossen Wasser in das obere Becken und stellten so die Wasserkunst wieder her, wie sie zur Zeit der Assyrer gewesen war." Auch die Wasserversorgung von Ninive geschah mit Hilfe offener Kanäle, die das Wasser von vielen Orten her zunächst sammelten und es dann der Stadt zuleiteten, wo sie sich wieder durch die verschiedenen Straßen verzweigten. Von dieser Anlage sind zwar scheinbar keine zweifelsfrei als solche festgestellten Reste mehr erhalten, doch berichtet über sie eine in den Felsenbildern zu Bavian befindliche und von Hincks übersetzte Inschrift, aus der hervorgeht, daß diese Wasserversorgung von Sennacherib, also um die Wende des 8. u. 7. Jahrhunderts v. Chr. angelegt worden ist. „Von achtzehn Distrikten oder Dörfern," sagt die Inschrift, „habe er achtzehn Kanäle nach dem Ussur oder Khusur geleitet, in welchem er deren Wasser sammelte. Auch grub er einen Kanal von den Grenzen der Stadt oder des Distriktes Kisri bis nach Ninive, leitete das Wasser durch denselben und nannte ihn den Kanal des Sennacherib." Ähnliche Anlagen finden wir im alten Orient noch öfter. Welche ausgedehnten Grabensysteme man dort herzustellen pflegte, darüber berichtet Herodot (II 188 ff.), der uns erzählt, daß Kyros auf seinem Zuge nach Babylon am Flusse Gyndes 360 Gräben herstellen ließ, angeblich um Rache an diesem Flusse zu nehmen, der sein Pferd fortgeführt hatte. Aus der ganzen Beschreibung des Herodot geht jedoch hervor, daß Kyros nur die bessere Jahreszeit abwartete, um gegen Babylon vorzudringen, und daß er wahrscheinlich eine Wasserleitungsanlage für sein, der Beschreibung nach, fast ein Jahr lang lagerndes Heer herstellen ließ. Auch ein altes Relief des Britischen Museums aus dem Palaste von Kujundschik zeigt uns die Verteilung des Wassers durch derartige Gräben. Es scheint sich hier um eine Wasserversorgung zu handeln, die zur Deckung des Wasserbedarfs im Palaste und dann, nachdem das Wasser an diesem vorbeigeströmt ist, zur Bewässerung der Gärten diente. Die Seitenkanäle zweigen in mäßig spitzem Winkel vom Hauptkanal ab. Die Gräben wurden nicht immer nur im Erdreich geführt, man legte sie auch in Stein an, wie z. B. den des Flusses Zâb und seines Nebenflusses Ghâzit. Der von diesen Wasserversorgungsstellen abführende 45 km lange Kanal hat an einzelnen Stellen eine Tiefe von 14 m und ist aus hartem Muschelkalk herausgehauen. Zuweilen stellte man jedoch auch gemauerte Rinnsale her. Ein solches befindet sich z. B. bei Damaskus. Allerdings läßt sich nicht genau sagen, ob es wirklich dem Altertum angehört. Bei der hohen Stufe, auf dem die Keramik in Mesopotamien stand (siehe den Abschnitt „Keramik"), muß es eigentlich wundernehmen, daß dort nicht häufiger Tonröhren als Wasserleitungen gefunden werden. Doch wurden, worauf Merckel hinweist, vereinzelt z. B. bei Sendschirli solche Rohre von 30 cm Länge und 11 cm Durchmesser bei 2 cm Wandstärke entdeckt. Sie hatten auf der einen Seite einen Falz, auf der andern eine 5 cm lange Nase, die in den Falz eingesteckt war, wodurch eine gegenseitige Lageveränderung verhütet wurde. An den Berührungsstellen sind die Rohre mit Ton



Abb. 552. Unterstes Schöpfbecken der alten assyrischen Wasserleitung in der Schlucht zu Bavian.

gedichtet. Besonders bemerkenswert an dieser Wasserleitung ist der Umstand, daß sie an einer Stelle senkrecht in die Höhe geht, um dann wieder herabzusteigen. Man muß also bereits damals, als sie hergestellt wurde (wahrscheinlich im 6. oder 5. Jahrhundert), auch im heutigen Kurdistan gewußt haben, daß der Druck des Wassers imstande ist, Höhenunterschiede zu überwinden. Neben Wasserleitungen gibt es in Mesopotamien aber auch Brunnen von oft beträchtlicher Tiefe, die jedoch in technischer Hinsicht nichts Bemerkenswertes darbieten. Man schöpfte das Wasser aus ihnen mit Eimern unter Verwendung von Seil und Rolle. (Merckel.)

Weitgehendes Interesse bieten die eine hochentwickelte Technik zeigenden Wasserversorgungsanlagen der Juden dar, unter ihnen vor allem die des Königs Salomo (1018—978 v. Chr.), die jetzt zum Teil wieder hergestellt ist und, wie einst, einen Teil Jerusalems mit Wasser versorgt. Die großen Teiche, die König Salomo in den Hügeln Judas anlegen ließ, gehören zu den größten technischen Leistungen des Altertums überhaupt und setzen eine bestimmte Kenntnis von der Theorie des Wasserdrucks voraus. Sie dienen, ebenso wie die obenerwähnte altbabylonische Leitung, einem doppelten Zweck: dem der Wasserversorgung sowohl wie dem der Bewässerung. Es geht dies aus der Bibel hervor, wo es (Prediger II 6) heißt: „Ich machte mir Teiche, daraus zu wässern den Wald der grünenden Bäume". Das Quellgebiet der salomonischen Wasserleitung liegt südwestlich von Jerusalem und etwas höher als diese Stadt. Das hier gefaßte Wasser wurde drei übereinanderliegenden großen künstlichen Teichen zugeführt, die in einer Talsenkung angelegt waren. Der oberste hat rechteckige, nahezu quadratische Form. Der mittlere zeigt die Gestalt eines langgestreckten Trapezes, der untere, durch eine Quermauer in zwei Hälften geteilte, die eines länglichen Rechtecks. Die Teiche sind große, im Verhältnis zu ihrer zwischen 120—160 m betragenden Länge ziemlich flache Bassins, deren Tiefe aber immerhin noch zwischen 8 und 19 m schwankt. Das Wasser stammt teils aus dem eben erwähnten Quellgebiet, teils kommt es aus den an den Teichen selbst befindlichen vier Quellen, die sämtlich gefaßt waren. Zunächst scheinen nur die Quellen zur Wasserversorgung Jerusalems gedient zu haben, deren Wasser in den Teichen aufgespeichert wurde, aus denen man es nach Bedarf abließ. Als dann die Wassermenge nicht mehr zureichte, ging man weiter und führte den Teichen auch das aus dem südwestlich von Jerusalem liegenden Quellgebiet kommende Wasser zu. An der Seite des oberen Teiches steht ein „Wasserschloß" oder „Wasserkastell", d. h. ein zum Sammeln des Wassers dienender überbauter Behälter. Das darin befindliche Bassin wird von einer Quelle, der Kastellquelle, gespeist. Man kann es von hier aus entweder direkt in die nach der Stadt führende Wasserleitung ablassen oder den oberen Teich damit füllen. Zwischen diesem Teich und dem Kastell steht ein Bauwerk, das zur Regulierung des Wasserzuflusses diente. Hier sammelt sich das Wasser einer zweiten Quelle, das durch einen unterirdischen Kanal zugeleitet wird. Auch dies Wasser kann entweder direkt in die Leitung oder nach dem oberen Teich abgelassen werden. Von der eben erwähnten Quelle (Ain-es-Salih) fließt aber eine Ableitung nach dem unteren Teiche der von einer unter ihm gelegenen Quelle (Ain-Farudsche) gespeist wird. Das von Ain-es Salih kommende Wasser nebst dem von Ain-Farudsche und endlich dem einer dritten Quelle (Aien-Atan) fließen zunächst in ein Bassin, das in den starken Damm eingebaut ist, der den unteren Teich abschließt. Von hier aus führte dann die „untere Wasserleitung" nach Jerusalem, Bethlehem und dem alten Herodium, die also sämtlich von den Teichen aus versorgt wurden. (Abb. 553 bis 565 S. 418.)

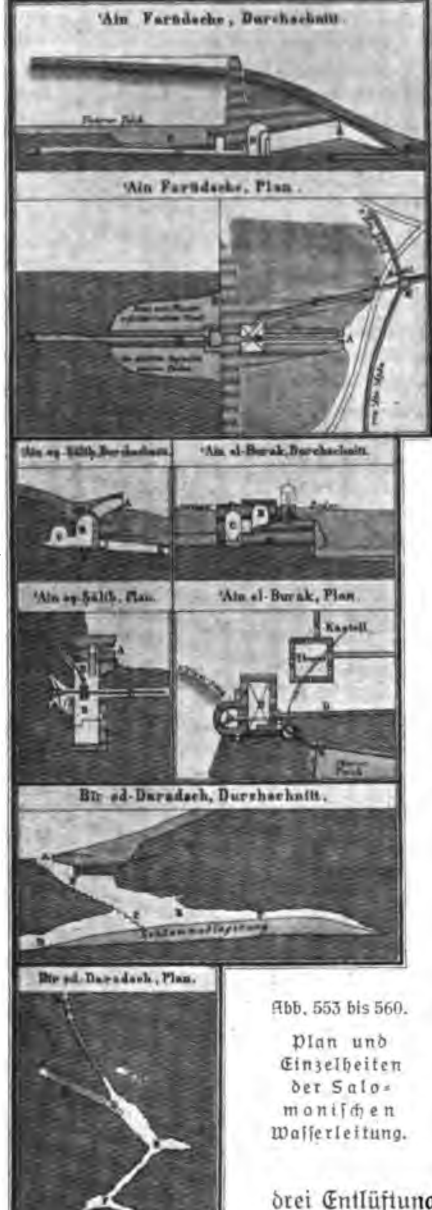


Abb. 553 bis 560. Plan und Einzelheiten der Salomonischen Wasserleitung.

Während die Quellen ihr Wasser in die, wie man sieht, sehr benachbarten Teiche ergossen, wobei durchweg unterirdische Kanäle zur Anwendung kamen, mußten zur Herbeiführung des Wassers aus dem Quellgebiet besondere Leitungen angelegt werden. Es sind deren zwei vorhanden, von denen die eine aus dem Tale Wadi-Bijar kommt, während die andere die Gewässer des Tales Wadi-Arrub heranführt. Die erstere die ziemlich geradlinig verläuft, ist deshalb bemerkenswert, weil sie teilweise als Tunnel ausgebildet ist. Der bis 0,60 m breite und mäßig tiefe Kanal durchsetzt einen Bergrücken. Der hier hindurchgeführte Tunnel ist oben mit neun an die Oberfläche dieses Bergrückens führenden Luftschächten versehen. Dies beweist, daß man schon damals sehr richtig erkannt hatte, daß jedes Quellwasser lufthaltig ist. Die Luft sammelt sich im Innern der Leitungen in Form großer Blasen an und muß durch besondere Entlüftungseinrichtungen entfernt werden. Erfolgt diese Entlüftung nicht, so können sich mancherlei Störungen bei der Fortleitung sowohl wie bei der Entnahme des Wassers einstellen. Die hier an diesem Tunnel geschaffenen Entlüftungseinrichtungen dürften wohl die ältesten sein, die wir kennen. Im übrigen scheint man aber — wenigstens zu Zeiten des Königs Salomo, später unter Königs Hiskia wurde es anders — vor derartigen Tunnelbauten etwas zurückgeschreckt zu sein; wenigstens vermied man sie bei der aus dem Tale Wadi-Arrub herführenden Leitung sehr sorgfältig und führte sie lieber um alle Hügel und Vorsprünge des Tals herum, anstatt diese zu durchbohren. Die Leitung von Wadi-Arrub weist nur einen einzigen Tunnel mit drei Entlüftungsstollen auf, der durch den Hügel Sahl-Tekua hindurchführt. Im übrigen zeigt sie einen infolge der eben geschilderten Verhältnisse äußerst langen und außerordentlich gewundenen Lauf. Das Kanalbett ist teilweise gemauert, teilweise aus dem Felsen herausgehauen, an einer Stelle liegt es auf einer Brücke.

Ebenso wie das Wasser der Quellen so konnte auch das dieser Leitungen ent-

weder direkt nach der Stadt oder den Teichen zugeführt werden, wobei die Einteilung so getroffen war, daß die Leitung von Wadi-Bijar zu dem oberen, die von Wadi-Arrub zu den beiden unteren Teichen führte. Betrachtet man sich das ganze System, so ersieht man, daß man das Wasser entweder direkt den zu versorgenden Städten zuleiten oder daß man damit einen oder mehrere Teiche füllen und es ebenso nach Belieben aus diesen entnehmen konnte. Die ganze Anlage ließ also eine weitgehende Regelung des Wasserzuflusses und der Wasserentnahme zu.





Abb. 561 bis 565. Plan und Einzelheiten der Salomonischen Wasserleitung.

Inzwischen wurde, wie Huntemüller berichtet, noch weitere Zuleitungen und zwar von der Ain Kuweiziba in einer Länge von 3 Kilometern und aus dem Wadi el Dor aufgedeckt, die römischen Ursprungs sind und von denen die erstere das Bild einer römischen Quellstube zeigt. Auch diese Leitungen führten ihr Wasser, das unterwegs von einer gemeinsamen Leitung aufgenommen worden war, den alten salomonischen Teichen zu. Auch in den anderen Tälern finden sich zahlreiche Spuren römischer Arbeiten, wie überhaupt mit der Zeit immer weitere Quellgebiete zur Wasserversorgung Jerusalems herangezogen wurden (Abb. 553—569).

Von den Teichen führten, wie vor allem die Forschungen des „Palestine Exploration Fund" gezeigt haben, drei massiv gebaute Wasserleitungen nach Jerusalem, Bethlehem und Herodium, von denen die eine vollkommen verborgen war. Die eine dieser Wasserleitungen, die sogenannte „untere", wurde von Herodes (37—4 v. Chr.) angelegt. Die sogenannte „hohe" ist deshalb besonders bemerkenswert, weil sie auf einer Strecke aus Steinröhren hergestellt ist. Diese Röhren sind aus Steinblöcken angefertigt und mit einer Durchbohrung von 4—5 cm lichter Weite ver-

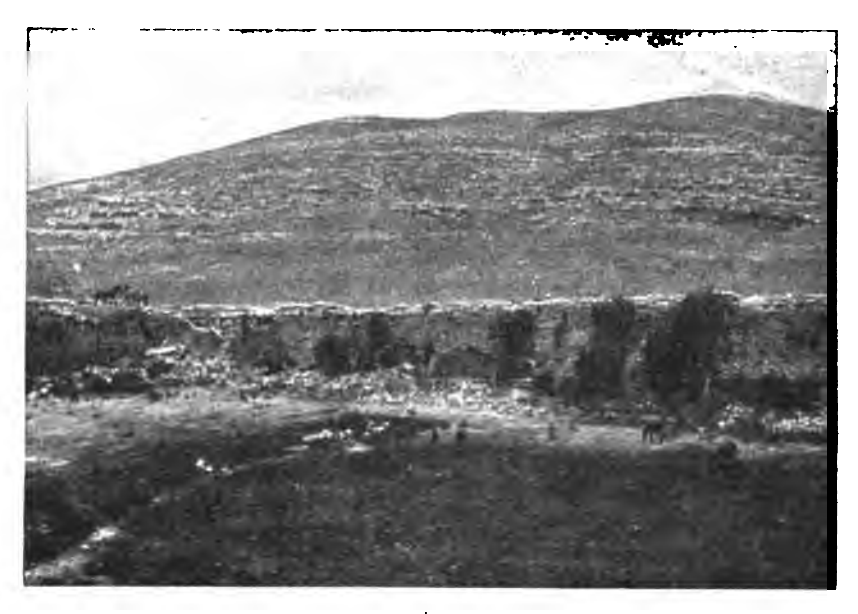


Abb. 566. Die Salomonische Wasserleitung.
Stauweiher im Wadi el Arrub



Abb. 567. Die Wasserversorgung Jerusalems.
Wadi Artas, im Hintergrunde Bethlehem. Blick auf die Salomonische Leitung und die Hochleitung

sehen. An den Berührungsstellen hat der eine Block immer eine Rille, der andere einen in diese Rille eingreifenden Zapfen. Durch diese Einrichtung werden die Rohre aneinandergefügt und in ihrer gegenseitigen Lage festgehalten. Die Berührungsstellen wurden mit Ton verschmiert. Da die Leitung über einen Bergrücken wegsteigt, so hat man also auch hier bereits den Druck des Wassers zur Überwindung derartiger Hindernisse auszunutzen verstanden. Die „untere" Leitung ist an zwei Stellen durch Tunnels geführt. Sie wurde später, bei Gelegenheit von Ausbesserungen, in Tonröhren geführt.

Das in der Stadt verbrauchte Wasser floß durch Kanäle ab, die jedoch in ihrem Verlaufe noch nicht völlig aufgedeckt sind.



Abb. 568. Die Wasserversorgung Jerusalems. Wasserleitung im Wadi el Choch (daneben Beduinenzelte).

Die alte Salomonische Wasserleitung ist durch den griechischen Ingenieur Franghia wiederhergestellt worden, wobei noch wesentliche Teile der antiken Anlage, insbesondere die Rohrleitungen, benutzt werden konnten. Sie endet in der Moschee Omars, die heute an der Stelle des Salomonischen Tempels steht, in dessen Vorhof auch die beiden alten Leitungen führten. Außer dem Brunnen der Omar-Moschee, der nur von Mohammedanern benutzt werden darf, liefert diese älteste aller noch im Gebrauch befindlichen Wasserleitungen das Wasser noch für einen zweiten Brunnen, der zur Benutzung für Andersgläubige bestimmt ist.

Auch König Hiskia (727—669 v. Chr.) machte sich um die Wasserversorgung von Jerusalem sehr verdient und legte insbesondere einen Tunnel an, der noch heute das Wasser der Siloahquelle aufnimmt. Dieser Tunnel hat eine Länge von 533 m und die ungefähre gebogene Gestalt eines S. Im Jahre 1888 entdeckten dort badende Kinder eine althebräische Inschrift, die in der Übersetzung lautet: „Als noch drei Ellen zu durchstechen waren, so vernahm man die Stimme des einen, der dem anderen zurief; denn es war ein Spalt im Felsen von der südlichen Seite her. Und am Tage der Durchstechung schlugen die Steinhauer einander entgegen, Hacke auf Hacke. Da flossen die Wasser vom Ausgang in den

Teich, 1200 Ellen weit. Um 100 Ellen war die Höhe des Felsens über dem Kopfe der Steinhauer."

Es ist nicht gelungen, alle Teile dieser Inschrift zu entziffern; außer dem vorstehend angeführten Teile lassen sich nur noch einzelne Worte erkennen, aus denen hervorzugehen scheint, daß man beim Tunnelbau auch Meißel benutzte. Der Tunnel selbst ist 60—80 cm breit, seine Höhe beträgt am nördlichen Ausgang 1,80 m und nimmt gegen die Mitte auf 46 cm ab. Nach der südlichen Seite steigt sie bis 3 m an. Das Gefäll des Wassers ist ein sehr geringes, es beträgt nur 30 cm. Aus dem eigenartigen Verlauf des Tunnels und sonstigen Spuren läßt sich heute noch die Stelle genau feststellen, an der die von den beiden Seiten hervordringenden Arbeiter aufeinandergestoßen sein müssen (Abb. 570). Es muß zweifellos als eine Meisterleistung der damaligen Technik bezeichnet werden, einen derartig langen Tunnel, noch dazu gekrümmter Form, von zwei Seiten her in Angriff zu nehmen und die Arbeiten so zu führen, daß die beiden Stollen genau aufeinandertreffen. Eine derartige Arbeit würde heute noch gewisse Schwierigkeiten darbieten. Mit welchen Hilfsmitteln die Aufgabe der richtigen Stollenführung damals gelöst wurde, wissen wir leider nicht.



Abb. 569. Die Wasserleitung Jerusalems.
Altrömische Wasserleitung kurz unterhalb des Stauteiches im Wadi Bijar.

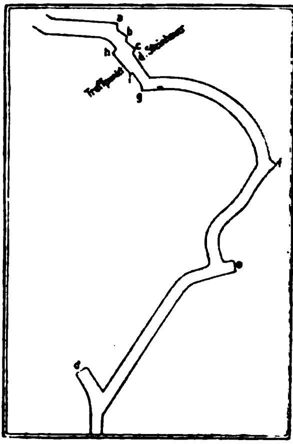


Abb. 570. Der Siloah-Kanal mit dem „Treffpunkt".
Am Treffpunkt ist zu erkennen, daß man verschiedentlich von der Richtung abwich, daß man aber stets durch baldiges Aufgeben der falschen Strecke den Fehler verbesserte und so schließlich, wahrscheinlich geführt durch den Schall, ganz genau aufeinandertraf.

Das Wasser dieser alten Wasserleitungen des Orients wurde in den Städten nicht in die Häuser verteilt, sondern öffentlichen Brunnen zugeleitet, aus denen man sich das nötige Wasser holte. Über die Einrichtungen dieser Brunnen ist Näheres und Sicheres nicht bekannt geworden.

Die Wasserversorgung bei den Ägyptern.

Die Ägypter waren infolge der natürlichen Beschaffenheit ihres Landes in erster Linie auf die Anlage von Brunnen angewiesen, da die Herstellung von Wasserleitungen wegen der Armut an Quellen und Wasserläufen mit stärkerem Gefälle, sowie der Ebenheit des Bodens auf Schwierigkeiten stieß. Schon früh hat man deshalb, insbesondere in den Oasen der Wüsten, Brunnen gegraben, die man bis zum Wasserspiegel niederführte, und deren Innenwandung man, um der Gefahr des Einstürzens vorzubeugen, so weit mit Holz verkleidete, als der Brunnenschacht durch den Wüsten-



Abb. 571. Ägyptische Sakieh mit Göpelwerk.

sand hindurchging. Die Holzverkleidung reichte also bis zu einer Tiefe von 20—30 m. Dann arbeitete man den nunmehr enger ausgeführten Schacht durch das darunter liegende Felsgestein und trieb ihn darin oft bis zu 150—170 m in die Tiefe. Einzelne dieser Brunnen sind sehr alt und waren im Altertum so berühmt, daß manche Schriftsteller, wie z. B. Strabo, ihrer Erwähnung tun, ohne jedoch näher auf die technischen Einzelheiten einzugehen.

Mit der Zeit legte man auch Wasserleitungen an, bei denen man das Nilwasser den Städten zuführte. Eine derartige Wasserleitung wurde z. B. in Alexandria, jedoch nicht von den Ägyptern, sondern von den Griechen gebaut. Da der Wasserspiegel des Nils noch tiefer lag als die zu versorgenden Städte, so konnte das Wasser nur zur Zeit der Nilüberschwemmung nach den Städten geleitet werden. Man öffnete dann die Schleusen der dorthin führenden Kanäle, durch die das Wasser nach den im Stadtinnern befindlichen Zisternen floß und sie anfüllte. Alexandria hatte 360

derartiger Zisternen, die oft vier Stockwerke hatten. Von hier floß das Wasser nach den Brunnen, aus denen man es schöpfte. Brauchte man zu anderen Zeiten, wo der Nil tief stand, Wasser, so mußte man es künstlich heben, was mit Hilfe der Sakieh geschah und auch heute noch geschieht. Die auch von Vitruv (X 4) beschriebene Sakieh besteht aus einem senkrechten Rad, über das Palmstricke laufen, an denen Schöpfgefäße angebracht sind. Dreht man das Rad, so tauchen diese Schöpfgefäße auf der einen Seite leer in das Wasser hinab, auf der anderen steigen sie gefüllt empor. Ihr Inhalt entleert sich dann jenseits des höchsten Punktes in eine Abflußrinne. Das Drehen des Rades wird durch ein Göpelwerk (siehe in Abschnitt „Technische Mechanik und Maschinen") besorgt, das durch einen Ochsen oder ein Kamel in Bewegung gesetzt wird, die Tag und Nacht im Kreise herumgehen. (Abb. 571 S. 423.) Diese Schöpf- und Hebevorrichtung stand schon im Altertum im Gebrauch und hat sich unverändert bis auf den heutigen Tag erhalten, wo sie allerdings nur noch für Bewässerungszwecke dient, da man die Wasserförderung für Wasserleitungen mit Hilfe von Dampfpumpen bewerkstelligt.

(Über eine andere Wasserhebevorrichtung der Ägypter, den „Schaduff", siehe Seite 207.)

Die Wasserversorgung bei den Griechen.

Die Griechen waren es, die von allen Völkern des Altertums den Wert einer guten Wasserversorgung und vor allem den einer zentralen Versorgungsanlage, die einem ganzen Gemeinwesen zugute kam, am frühesten und in weitestem Umfange erkannt zu haben scheinen. Schon auf den ältesten Stätten ihrer Kultur, wie z. B. in Mykenä, findet man Spuren von alten Wasserleitungen. In allen Städten befinden sich zahlreiche Brunnen, die oft eine geschmackvolle künstlerische Ausführung zeigen, und die durch die Sorgfalt, mit der man sie herstellte, beweisen, welchen Kult man im alten Griechenland mit dem Wasser trieb. Man hatte auch den hygienischen Wert des Wassers richtig erkannt, und Aristoteles weist auf die große gesundheitliche Bedeutung einer guten Versorgung mit reinem Trinkwasser hin. Aus alten Zeiten her hatte sich das Gefühl, daß ein zum Trinken bestimmtes Wasser durch nichts verunreinigt sein und daher nicht für andere Zwecke gebraucht werden dürfe, erhalten; die besondere Verehrung, die man den Quellen schon im allgemeinen bezeigte, bekam nach dieser Seite hin dadurch noch ihren besonderen Ausdruck, daß das Reinigen von Gewändern in ihnen als ein schwerer Frevel betrachtet wurde. Die Brunnen wurden besonders überwacht, und eigene Gesetze regelten ihren Gebrauch.

Ehe man zur zentralen Wasserversorgung, also zur Anlage von Leitungen überging, die ganzen Städten und Gemeinden das Wasser zuführten, war wohl die Einzelversorgung der verschiedenen Anwesen allgemein üblich. Sie ließ sich jedoch deshalb nicht überall durchführen, weil man nicht auf jedem Grundstücke Wasser fand. Für alle jene, die trotz grabens bis zu einer bestimmten Stufe nicht auf Wasser gestoßen waren, wurde dann die Benutzung der öffentlichen Brunnen durch ein im 6. Jahrhundert v. Chr. von Solon gegebenes Gesetz gestattet. Diese Brunnen waren zunächst entweder gegrabene Brunnen oder Zisternen oder aber gefaßte

Quellen. Bei vielen finden wir schon frühzeitig darüber aufgeführte Brunnenhäuser, die den Zweck hatten, das Hineinfallen von Staub, Schmutz usw. in das Wasser zu verhüten. Besondere technische Merkmale weisen diese in ihren Grundzügen so primitiven Anlagen nicht auf.

Die älteste bekannte Wasserleitung Griechenlands ist die oben bereits erwähnte von Mykenä. Sie zeigt uns in ihrer ganzen Anlage, daß man es damals in Griechenland noch nicht verstand, den Druck des Wassers auszunützen. Die Leitung soll die Burg von Mykenä mit Wasser versorgen. Sie soll aber auch gleichzeitig dem Feinde verborgen bleiben, der ja überhaupt bei vielen derartigen Anlagen des Altertums insofern bestimmend auf die Ausgestaltung einwirkt, als man sich stets bemüht, ihm die Möglichkeit zu nehmen, das Wasser abzuschneiden oder zu vergiften. Darum sind viele alte Wasserleitungen unterirdisch geführt. Auch die von Mykenä läuft außerhalb der Mauer unterirdisch dahin und führt das Wasser einer Quelle in den Brunnen, der von der Burg aus durch einen gleichfalls unterirdischen Gang erreichbar ist. Zur Burg selbst versteht man das Wasser noch nicht hinanzuführen. Besonders berühmt war im Altertume die Wasserleitung von Samos, die wohl zur Zeit des Polykrates (535—522 v. Chr.) von Eupalinos von Megara errichtet wurde und sich dadurch auszeichnete, daß das Wasser unterhalb der Sohle eines durch einen Berg hindurchgetriebenen Tunnels von etwa 1 km Länge hindurchfloß. Von hier aus führten es Röhren der Stadt zu. Man hat nun neuerdings diese alte Anlage genauer durchforscht, wobei sich gezeigt hat, wie äußerst zweckmäßig man bei der Ausführung vorgegangen ist. Zwischen den antiken und den jetzigen Wasserleitungen besteht ein grundlegender Unterschied in bezug auf die Verteilung des Wassers. Jetzt legt man einen Hauptbehälter an, von dem das Wasser durch einen Hauptrohrstrang der Stadt zugeleitet wird. Vom Hauptrohrstrange zweigen sich dann die Leitungen für die einzelnen Straßen und von diesen wieder die für die einzelnen Häuser ab. Bei den antiken Wasserleitungen gab es zwar auch Hauptbehälter, aber keinen Hauptrohrstrang. Das Wasser floß vielmehr von der Sammelstelle, dem „Wasserschloß“ (siehe unten, bei den Wasserleitungen der Römer), in einzelnen, gewissermaßen strahlenförmig von ihr ausgehenden Leitungen den verschiedenen Stadtteilen zu. Am Ende jeder dieser Leitungen befand sich in der Regel wiederum je ein Behälter, von dem aus es abermals in strahlenförmig ausgehenden Leitungen den Entnahmestellen, also den Brunnen usw. zugeleitet wurde. Wollte man daher in Samos sowie auch in anderen Städten eine Wasserleitung anlegen, so mußte man als Knotenpunkt des Verteilungsnetzes eine Stelle wählen, von der aus sich die Leitungen bequem nach den einzelnen Stadtteilen verzweigen ließen. Eine solche Stelle lag in der Höhe der Südseite eines die Stadt begrenzenden Berges. Durch sie war der Südpunkt des Tunnels gegeben. Als Nordpunkt wählte man eine andere Stelle, die es ermöglichte, die beim Tunnelbau geförderten Unmengen von Schutt bequem zu beseitigen. Eine solche fand man an einem Steinhang, über den man den Schutt und die Gesteinsbrocken leicht hinunterwerfen konnte. Damit waren die beiden Richtpunkte für den Tunnel festgesetzt. Nun handelte es sich darum, diesen derart mit der Quelle zu verbinden, daß ein die Stadt bedrohender Feind nichts von dem Vorhandensein der Leitung merkte. Man führte die Leitung deshalb unterirdisch aus und ging mit ihr sogar unter dem Bett eines Baches hindurch. Diese Leitung ist gekrümmt und hat eine Länge von 835 m. Sie beginnt an der Quelle an einem Behälter, in dem

das Quellwasser gesammelt wurde. Dieser Behälter ist durch ein Gebäude mit einem von 15 Pfeilern getragenen Dach überdeckt. Die Verbindung zwischen dem Quellengebäude und dem Tunneleingange stellt der erwähnte unterirdische Gang her, der etwa 1,70 m hoch und ungefähr 0,50 m breit ist. Das Wasser fließt am Boden dieses Ganges in einer durch Steinplatten bedeckten Rinne. Im Tunnel selbst fand die Leitung wahrscheinlich in Tonrohren statt, wenigstens hat man solche darin gefunden. Allerdings steht nicht fest, ob sie bereits bei der Anlage des Tunnels Verwendung fanden oder ob man sie erst später verwendet hat. Die Rohre sind teils rund, teils von rechteckigem Querschnitt und dienten in letzterem Falle wahrscheinlich nur zur Auskleidung der Rinne. Sie dürften dann mit Stein- oder Tonplatten bedeckt gewesen sein. Von den runden Rohren ist jedes zweite oben durchlocht, was vielleicht geschah, um eine Entlüftungseinrichtung zu schaffen. (Abb. 572.)

Der Tunnel scheint, ähnlich wie der von Siloah, von zwei Seiten her in Angriff genommen worden zu sein. Darauf läßt eine sehr unebene Stelle in seinem Innern schließen, die zeigt, daß man hier zwar immer noch ziemlich genau, jedoch nicht so genau zusammentraf, wie beim Tunnel von Siloah. Man kam nämlich mit dem

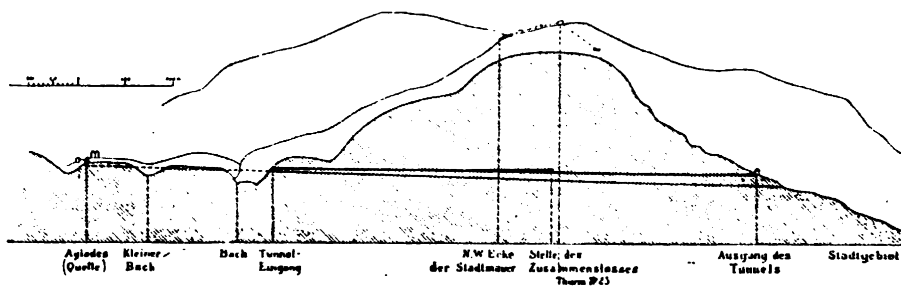


Abb. 572. Die Wasserleitung von Samos

Boden des Nordstollens zu weit in die Höhe, so daß er sich über die Decke des Südstollens schob. Der Höhenunterschied betrug über 1 m. Man senkte dann den Boden des Nordstollens und glich so die Unebenheit aus. Um mit den Arbeiten möglichst rasch vorwärts zu kommen, brachte man den Bauschutt und die Gesteinstrümmer nicht durch den Tunnel selbst heraus, sondern legte besondere Schachte hierfür an. Die Tunnelwandungen zeigen Nischen, in denen während der Arbeit die Öllampen der Arbeiter aufgestellt waren. Wo man der Festigkeit des natürlichen Gesteins nicht traute, mauerte man den Tunnel aus.

Im Tunnelinnern lief das Wasser in einem Graben, der unterhalb der Tunnelsohle lag. Es trat unterirdisch in den Tunnel ein und wurde von ihm aus unterirdisch weiter zur Stadt geleitet. Der Graben ist durch Schächte mit dem Tunnel verbunden. In gewissen Abständen ist er noch besonders mit Steinplatten bedeckt und dann bis zur Tunnelsohle mit Schutt aufgefüllt, so daß man durch eine derartige Auffüllung des Grabens die Entfernung des Tunnelschutts ersparte. Dieser Graben hat nun die merkwürdige Eigenschaft, daß er am Anfange des Tunnels nur etwas über 2 m unter der Tunnelsohle liegt, während seine Tiefe unter der Sohle in der Nähe der der Stadt zugewendeten Tunnelöffnung 8,25 m beträgt. Der Graben

fällt also gegen den Tunnel um etwa 6 m. Dies dürfte wohl daher rühren, daß man die Höhenlage der gewählten Endpunkte des Tunnels nicht genau genug festzustellen verstand. Als dann der Tunnel fertig war, hatte er zu wenig Gefälle. Man legte daher an seiner Sohle den Graben mit stärkerem Gefälle an, der dann als eigentliche Wasserleitung diente. Herodot gibt von dieser im Altertume so berühmten Wasserleitung von Samos folgende Beschreibung (III 60): „Ich habe mich bei den Samiern etwas länger verweilt, weil sie drei Werke gemacht, die größten in ganz Hellas. Erstlich durch einen Berg, der ist hundertfünfzig Klafter hoch, durch den haben sie unten am Fuß einen Graben durchgemacht mit zwei Mündungen. Die Länge dieses Grabens beträgt sieben Stadien, die Höhe und Breite aber acht Fuß (über das Stadion siehe Seite 505). In diesem Graben ist der ganzen Länge nach ein anderer Graben gemacht, zwanzig Ellen tief und drei Fuß breit; durch diesen wird das Wasser aus einem großen Born in Röhren geleitet, die führen es in die Stadt. Der Baumeister des Grabens war Eupalinos, des Naustrophos Sohn von Megara."

Noch bemerkenswerter als die Wasserleitung von Samos ist die wohl etwa 200 v. Chr. hergestellte Leitung von Pergamon; stellt sie doch eine Druckwasserleitung dar, während es sich bei der von Samos nur um eine einfache Gefällswasserleitung handelt, so daß also hier schwierige technische Aufgaben zu lösen waren. Wie Gräber mit Recht bemerkt,

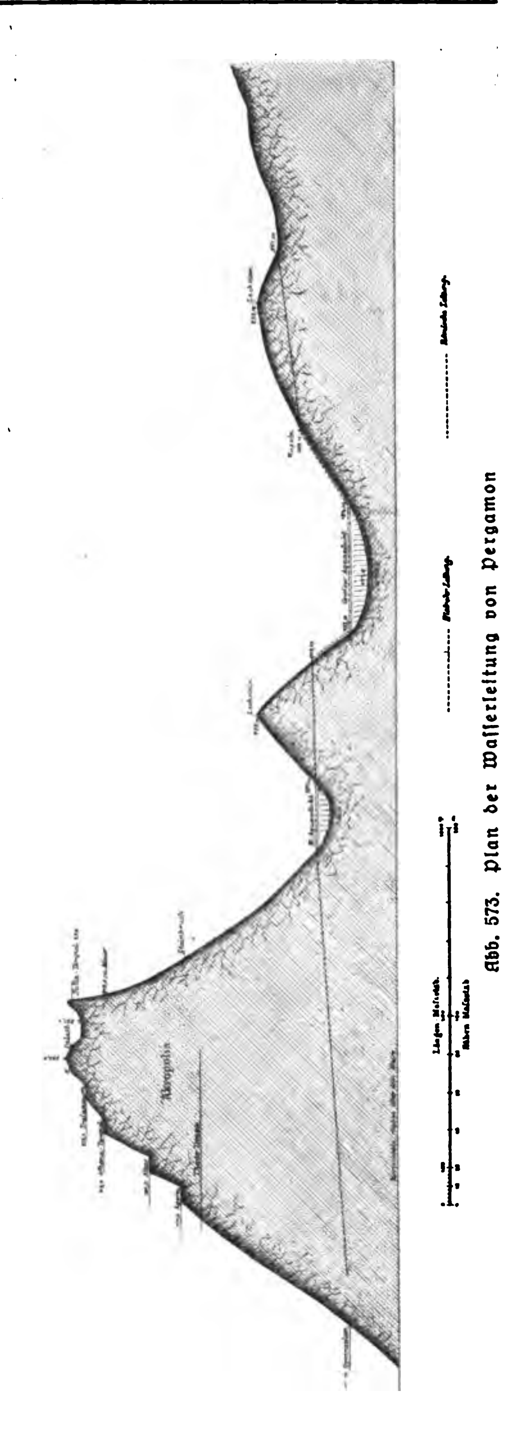


Abb. 573. Plan der Wasserleitung von Pergamon

gibt uns die Ausführung dieser unterirdischen Wasserleitung „einen hohen Begriff von der Bedeutung der alten Stadt". Es hat sich nicht genau ermitteln lassen, wann diese Leitung angelegt wurde. Das durch sie zugeführte Wasser mußte bis zu einer Zisterne in 332 m Höhe über dem Meere hinaufgeführt werden. Um es bis hier herauf zu fördern, war also der Hochbehälter an einem noch höheren Orte anzulegen. Seine Reste befinden sich nach Giebeler in 367,6 m Höhe auf dem Berge Hagios Georgios. Von hier fällt die Leitung nach zwei tiefen, durch einen Hügelrücken getrennt, Tälern von etwa 192 bzw. 172 m Meereshöhe, um dann wieder zu der hoch gelegenen Entnahmestelle anzusteigen. Man mußte also auch diese beiden Täler bzw. den zwischen ihnen liegenden Höhenrücken durch den Druck des Wassers überwinden. Der Maximaldruck in der Leitung betrug somit 367,6 — 172 = 195,6 m Wassersäule, also 19,56 Atmosphären. (Abbildung 573 Seite 427.)

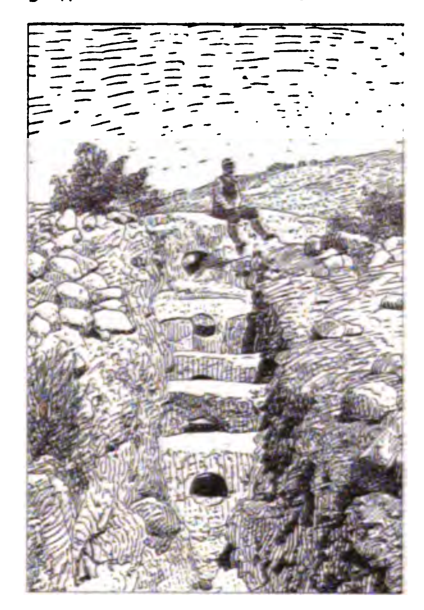


Abb. 574. Lochsteine der Wasserleitung von Pergamon.

Gräber, der früher die Verwendung von Bleirohren annahm, vermutet später, daß die Rohre aus „Erz", also wohl aus Kupfer, Messing oder Bronze bestanden, eine Vermutung, gegen die sich verschiedene Einwendungen geschichtlicher und auch metalltechnischer Art machen lassen. Nach einer freundlichen brieflichen Mitteilung von Dörpfeld hält dieser auch eine Holzleitung nicht für unwahrscheinlich, eine Annahme, der sich auch der Verfasser anschließen möchte, denn Holzleitungen halten starke Drucke aus, waren im ganzen Altertume vielfach in Verwendung, sind leicht herzustellen, zu verbinden und zu dichten. Immerhin erscheint vielleicht die Benutzung von Tonrohren wenigstens innerhalb der Stadt nicht ganz ausgeschlossen. Man hat solche Tonrohre in der Hauptstraße gefunden, die vom Eumenischen Mauerring nach oben führt. Weitere Tonrohre fand man als Zuleitung zum Baderaum des oberen Gymnasions. Sie lagen in einem Felskanal und gingen bis zur Mitte



Abb. 575 Reste der Wasserleitung von Pergamon

der Wände in die Höhe. Von hier aus wurde das Wasser in Metallrohren bis über die Wannen geleitet. Da nun die Römer später in Pergamon noch eine zweite Leitung, allerdings nur für die Unterstadt anlegten, so kann es vielleicht zweifelhaft erscheinen ob diese Rohre nicht erst von ihnen eingebaut wurden. Die Röhren sind niemals darauf untersucht worden, ob sie, wenigstens soweit sie im oberen Gymnasion liegen, den dort vorhanden gewesenen Druck auszuhalten imstande sind. Sie lagen wohl durchweg in Lochsteinen (Abb. 574 Seite 428), die in etwa 1,20 m Entfernung von einander in einem Graben auf ihrer schmalen Kante aufgestellt sind. Die Lochsteine haben eine Länge von 1,20—1,50 m, eine Breite von 0,60—0,70 m und eine Dicke von 20—25 cm. Sie sind in der Mitte durchbohrt. Bei der jetzigen Erhaltung ist der obere Rand oft ausgebrochen. Die Durchbohrung hat einen Durchmesser von 30 cm. Auch bei der späteren römischen Wasserleitung kamen derartige Lochsteine in einer Stärke von 60—80 cm und mit einer Durchbohrung von 24 cm Durchmesser zur Verwendung. Sie lagen auf den Aquädukten, durch die die Römer die oben erwähnten Einsattlungen von 192 bzw. 172 m Meereshöhe überbrückten. Den zwischen den beiden Aquädukten befindlichen Hügel umschreitet die römische Leitung, während die griechische über seinen Kamm hinwegführt. Ebenso schlängelt sich die römische Leitung noch um einen zweiten Hügel von 233 m Meereshöhe herum — ein Zeichen, daß ihr Druck zu gering war, diese Höhen zu überwinden, über die die altgriechische Leitung vermöge ihres höheren Druckes glatt hinwegführte. Alles in allem legten die Römer zu Pergamon fünf große Wasserleitungen an, von denen verschiedene wegen ihrer Länge bemerkenswert sind, bringt die eine doch das Wasser aus einer Entfernung von 60 km, während es die andere aus dem 33 km entfernten Soma zuführt. (Abb. 573—576.)



Abb. 576. Reste des Quellhauses der alten Wasserleitung von Pergamon.



Abb. 577. Griechischer Brunnen.
Nur scheinbar ein Pumpbrunnen; die Lanze des dahinter stehenden Kriegers bringt diese Täuschung hervor. Der Brunnen hat dieselbe Bauart wie der auf Seite 439 Abb. 594 dargestellte römische Vasenbild. Berlin, Altes Museum Antiquarium

Die Druckwasserleitung von **Pergamon** ist nicht die einzige des Altertums und

insbesondere des griechischen Altertums. Wir finden solche noch in Patara, in Methymna usw. usw.

Die Wasserversorgung bei den Römern.

Auch die römischen Wasserleitungen haben vielfach das Drucksystem, trotzdem man es, soweit als nur möglich vermied, da die Leitungen schwerer auszuführen



Abb. 578. Brunnen hinter den Häusern der bürgerlichen Ansiedlung auf der Saalburg.



Abb. 579. Brunnen mit Holzverschalung und Dach (Rekonstruktion) im Saalburgkastell.

und vor allem auch schwerer dicht zu halten waren. Wo man daher mit einer einfachen Gefällswasserleitung auskommen konnte, zog man diese vor. Doch finden sich auch römische Druckwasserleitungen wie z. B. zu Alatri bei Rom usw. usw. Wo die Römer hinkamen, war die Schaffung einer guten Wasserversorgung eine ihrer ersten Sorgen. Sie erkannten sehr wohl die Vorzüge des Quellwassers. Wo aber Quellwasser nicht zu haben war, da handelten sie nach dem Rate des Decetius (epit. R. mil. IV. X): „Si natura (fontes) non praestat effodiendi sunt putei aquarumque haustus funibus extrahendi" (wenn die Natur kein Quellwasser liefert, so muß man Brunnen in jeder erforderlichen Tiefe graben und das Wasser mit Hilfe von Seilen emporziehen). Diese Regel macht es erklärlich, warum z. B. die ganze Wasserversorgung der Saalburg mit Hilfe von Ziehbrunnen geschieht, die uns allerdings zeigen, wie der Römer den reichlichen Gebrauch von Wasser und von Gelegenheiten, es zu entnehmen, liebte. In der vor dem Kastell gelegenen bürgerlichen Ansiedlung finden sich eine Unmasse von Schöpfbrunnen. (Abb. 578.) Hinter jedem Hause, ja fast hinter jedem Gebäude war einer angebracht, aber auch im Innern des Kastells finden wir solche Brunnen. (Abb. 579 und 580.) Im ganzen sind bis jetzt im Kastell 12 Brunnen und außer-



Abb. 580. Brunnen mit Mauerrand und Dach (Rekonstruktion) im Saalburgkastell.

halb 78, im ganzen also 90 aus verschiedenen Perioden ausgegraben. Die älteren dieser Brunnen waren mit Holz verschalt (Abb. 579), später ersetzte man die Verschalung durch Mauerwerk, das man bis ungefähr zur Brusthöhe aufmauerte. (Abb. 578 und 580.) Die Brunnen waren wohl meist durch ein darüber angebrachtes auf Holzpfosten ruhendes Dach, an dem auch die Rolle zum Schöpfeimer angebracht war, vor Verschmutzung geschützt. Vielleicht war auch der Brunnenschacht oben noch einmal besonders mit einem Deckel bedeckt. Außerdem hatte man außerhalb des Kastells noch verschiedene Quellen gefaßt, deren Wasser durch Holzrohre nach den in der Umgebung gelegenen Schöpf- und Verbrauchsstellen geleitet wird. Die Holzrohre wurden mittels langer Röhrenbohrer hergestellt und durch Metallringe miteinander verbunden. In verschiedenen Römerkastellen Deutschlands (Wiesbaden, Hofheim, Heddernheim, Saalburg) fand man eiserne Reifen von 10 cm Durchmesser mit einer Rippe in der Mitte, sogenannte „Büchsen", wie sie zur Verbindung hölzerner Wasserleitungsröhren an den Fugen heute noch gebraucht werden.

Die Anlage von Brunnen stieß manchmal deshalb auf Schwierigkeiten, weil man nicht überall, wo man es brauchte, auch Wasser fand. Vitruv gibt deshalb (VIII 1) für das Auffinden von Wasser folgende Regeln:

„Man lege sich, noch ehe die Sonne aufgegangen ist, in der Gegend, in welcher man Wasser sucht, das Gesicht gegen die Erde gewendet, auf den Boden, und indem man das Kinn auf die Erde setzt und fest stützt, sehe man über jene Fläche hin. So wird nämlich, wenn das Kinn unbeweglich steht, das Auge nicht unstät höher streben, als es soll, sondern wird in sicherer Einschränkung die Niveauhöhe über die Gegend hin halten. An der Stelle nun, an welcher man Dünste sich kräuselnd in die Luft erheben sieht, da schlage man einen Schacht hinab: denn an einem trockenen Orte kann sich dies Anzeichen nicht finden ...

Kennzeichen der Stelle aber, an welchen Bodenarten Wasser zum Vorscheine kommt und gefunden werden kann, sind: zarte Binsen, wilde Weiden, Erlen, Keuschlamm, Schilf, Efeu und andere Gewächse der Art, welche ohne Feuchtigkeit nicht gedeihen können. Es pflegen aber dergleichen auch in Bodensenkungen zu wachsen, welche, tiefer als das übrige Gefilde liegend, die Feuchtigkeit von den Regengüssen aufnehmen und den Äckern den Winter über und noch länger infolge ihrer muldenförmigen Beschaffenheit bewahren; diesen aber ist nicht zu trauen, sondern an andern Gegenden und Landstrichen, nur nicht an Bodensenkungen, wo jene Anzeichen ungesät, vielmehr durch den Trieb der Natur selbst von freien Stücken wachsen, da muß man nach Wasser forschen.

Wenn aber an diesen Plätzen keine Dinge der Art den Fundort zeigen, so hat man folgende Versuche anzustellen. Man grabe ein Loch, das nach jeder Richtung fünf Fuß mißt, und setze in dasselbe um Sonnenuntergang einen bronzenen oder bleiernen Becher oder ein solches Becken, was von beiden eben zur Hand ist, streiche es aber vorher von innen mit Öl aus und stelle es umgestürzt hinein, bedecke dann die Oberfläche der Grube mit Schilfrohr und schütte dies mit Erde zu; öffnet man dann am folgenden Tage die Grube wieder, so wird der Boden, wenn das Gefäß angelaufen ist und Tropfen enthält, Wasser bergen. Ebenso kann man den Versuch mit einem irdenen noch ungebrannten Geschirre machen. Ist nämlich das Gefäß auf dieselbe Weise in die Grube gestellt und bedeckt, so wird es, wenn der Ort Wasser enthält, nachdem man es wieder aufgedeckt hat, feucht sein und wohl auch durch die Einwirkung der Feuchtigkeit zerfallen. Und wenn man einen Büschel Wolle

in jene Grube gelegt hat, am folgenden Tage aber Wasser herauszupressen ist, so zeigt dies an, daß jener Ort Vorrat an Wasser enthalte. Nicht minder kann man den Versuch mit einer Lampe machen. Hat man diese, gehörig zugerichtet, mit Öl gefüllt und angezündet, an jenen Ort gestellt und bedeckt, und ist sie am folgenden Tage, wenngleich sie noch Öl und Docht übrig hat, erloschen und wird selbst feucht gefunden, so wird sie anzeigen, daß jener Ort Wasser enthalte, und zwar deshalb, weil alle Wärme die Feuchtigkeit an sich zieht. Wenn man ferner an jener Stelle Feuer anmacht und die erwärmte und angebrannte Erde einen nebelartigen Dunst von sich gibt, so wird jene Stelle Wasser enthalten."

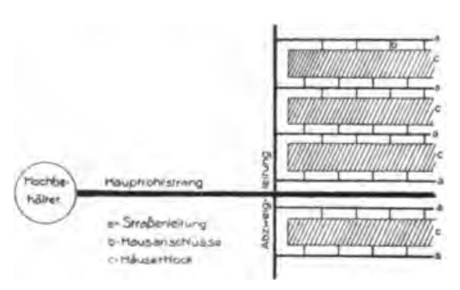


Abb. 581. Wasserverteilung einer neuzeitlichen Stadt.

Der Hauptrohrstrang führt das Wasser vom Hochbehälter nach der Stadt, wo es durch Abzweigleitungen verschiedener Ordnung in die Straßen und Häuser verteilt wird.

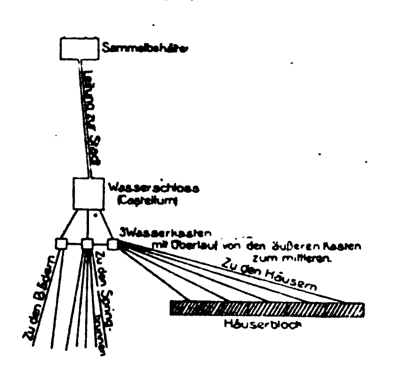


Abb. 582. Wasserverteilung einer antiken Stadt

(die Einzelheiten siehe im Text.)

Die vorstehenden Regeln zeigen, daß sich die Auffindung des Wassers bei den Römern zu einer ganz besonderen Technik ausgestaltet hatte. Mit Ausnahme der Herstellung von Druckwasserleitungen, die man, wie schon erwähnt, wenn irgend möglich vermied, erreichten aber auch alle übrigen Zweige der gesamten Wasserleitungstechnik im altrömischen Reich eine außerordentlich hohe Stufe der Entwicklung. Diese Entwicklung darf uns nicht wundernehmen, liebte doch der Römer das Wasser sehr und pflegte er doch geradezu Verschwendung damit zu treiben. Noch heute ist Rom die wasserreichste Stadt der Welt, eine Tatsache, die sie nicht zum mindesten den altrömischen Wasserleitungen verdankt. Nirgends auf der Welt gibt es einen solchen Wasserüberfluß, nirgends so viele Brunnen, Springbrunnen, Wasserkünste usw. usw. wie in Rom. Wenn diese Brunnen auch zum großen Teil von Künstlern der Renaissance und des Rokoko geschaffen wurden, so stammt doch die Grundlage aller dieser Schönheit, die gewaltige zur Verfügung stehende Wassermenge, noch aus dem alten, an Brunnen, Fontänen, Bädern und sonstigen Stätten der Wasserverschwendung so überreichen Rom. Und jede römische Provinzstadt war nach Möglichkeit ein Rom im Kleinen! So finden wir denn noch allüberall, wo römische Kultur einst hingetragen wurde, auch die Reste der hochentwickelten altrömischen Wasserleitungstechnik, vor allen die für sie so charakteristischen und in ihrer Ausführung so überwältigenden Aquädukte.

Auch die römischen Wasserleitungen hatten kein Hauptrohr, das vom Hauptbehälter zur Stadt führte, sondern das Wasser floß aus der Quelle in oft langen und nach Bedarf über Aquädukte geführten Leitungen zunächst nach dem die Stelle unseres Hauptbehälters vertretenden Wasserschloß (castellum). (Abb. 581 und 582.) Das Wasserschloß hatte im Innern in der Regel vier Abteilungen: zunächst den eigentlichen Hauptbehälter, von dem aus Röhren in drei Nebenbehälter führten. Der

eine dieser Nebenbehälter war zur Speisung der Bäder bestimmt und mit diesen durch einen Rohrstrang verbunden. Der zweite Nebenbehälter diente zur Versorgung der Privathäuser, der dritte nahm das aus den beiden anderen wegströmende überflüssige Wasser auf, das von hier aus den öffentlichen Bassins und Springbrunnen zugeführt wurde.

Der zweite Behälter, der zur Versorgung der Privathäuser diente, war nun auch mit diesen nicht etwa durch ein Hauptrohr und Nebenrohre verbunden. Das Wasser ging vielmehr von ihm aus nach einer Art von kleinerem Wasserschloß, das sich in der Nähe der zu versorgenden Häuser befand. Hier floß es in einen Behälter; erst aus diesem wurde es den einzelnen Häusern durch Rohrleitungen zugeführt. Bei großen Wasserversorgungsanlagen vervielfachte sich die hier beschriebene Einrichtung natürlich in entsprechender Weise: der Aquädukt speiste nicht eines, sondern mehrere Hauptwasserschlösser. Von diesen aus wurden wiederum entsprechend mehrere Privatwasserschlösser in den verschiedenen Stadtteilen versorgt usw. usw. Die Nachteile dieses Systems liegen vor allem darin, daß sehr große Rohrleitungen nötig sind;



Abb. 583. Die Campagna bei Rom mit den Resten altrömischer Aquädukte.

muß doch vom Nebenwasserschloß nach jedem Haus eine besondere Leitung gelegt werden und müssen doch auch die Nebenwasserschlösser wieder durch je eine Leitung mit dem Hauptwasserschloß verbunden werden. Dann aber läuft viel Wasser unbenützt weg, der Wasserbedarf steht in keinem Verhältnis zum tatsächlichen Nutzverbrauch, die Kontrolle ist erschwert usw. usw. Trotzdem hat auch das heutige Rom noch bei manchen seiner Leitungen (Aqua Marcia) dieses aus dem Altertum bis jetzt erhaltene System.

Um ihren Städten das nötige Wasser zu schaffen, scheuten die Römer vor keiner Mühe zurück. Im Anfange legten auch sie die Wasserleitungen unterirdisch an. Dann aber holten sie nicht nur in Rom, sondern auch in anderen Städten das Wasser aus so weiten Entfernungen her, daß die unterirdische Verlegung der Röhren Schwierigkeiten bereitet hätte. Außerdem aber vermieden sie es, wenn irgend möglich, Höhenunterschiede durch den Wasserdruck zu überwinden. Lieber entschlossen sie sich zu den kostspieligsten und mühsamsten Kunstbauten, also zur Anlage von Tunnels und Aquädukten. So gewinnt die Umgebung so mancher altrömischen Stadt, vor allem

aber die Roms, durch die Aquädukte ihr charakteristisches Aussehen. Die Rom umgebende weite Ebene, die Campagna, ist nach den verschiedensten Seiten hin von den riesigen Bogensträngen der Aquädukte durchzogen, von denen einzelne noch heute ebenso wie in alter Zeit Wasser von den entfernten Gebirgen heranführten. Die Aqua Marcia, die dritte von den vierzehn im Laufe der Zeiten zur Wasserversorgung Roms ausgeführten Leitungen, verbindet die Hauptstadt mit den 53 km weit entfernten Quellen. Die Gesamtlänge der Leitung beträgt nicht weniger als 91,6 km, wovon 11 km auf Aquädukten geführt werden. Da die Quellen 317 m über dem Meere liegen, Rom hingegen nur 54, so hätte man bei dem Gefälle von 263 : 53 000 m die Leitung bedeutend kürzer führen können. Statt dessen ließ man sie sich allen Unebenheiten des Bodens anschmiegen, man führte sie außerdem noch um Hügel und Vorsprünge herum, wodurch sich die ungeheure Verlängerung auf fast 92 km ergab. Die Aqua Julia, die im Jahre 43 v. Chr. erbaut wurde, hat eine Länge von 23 km, wovon 9,6 km auf Aquädukten liegen. Die von den Kaisern Claudius und Trajan ausgeführte Aqua Claudia besteht aus zwei Aquädukten, die auf weiten Strecken zusammenlaufen. Ihre Gesamtlänge beträgt nicht weniger als 156 km, wovon 87 auf den sogenannten „Anio novus", 69 km auf die eigentliche „Aqua Claudia" fallen. Auch die sonstigen Leitungen Roms wiesen eine oft sehr bedeutende Länge auf, ebenso die der römischen Provinzen. So hatte z. B. die aus der Eifel nach Köln geführte Leitung eine Länge von fast 80 km.

Die Aquädukte sind hohe und meist schmale Bogen, die dicht aneinander anschließen, und über die die Rinne hinweggeführt ist, in der das Wasser läuft. Bogen und Rinne bestehen aus Mauerwerk. Die älteren Aquädukte in der Nähe Roms sind in der Regel aus großen Quadern gebaut. Die Bogenöffnungen sind mit Keilsteinen umsetzt und innen oft noch einmal durch eine Füllung aus Ziegelmauerwerk gestützt, das sich auch an die Seitenpfeiler anlehnt. Dieses Ziegelmauerwerk zeigt an den Seitenpfeilern horizontale, in der Bogenwölbung radiale Schichtung. Hier ist es oft in drei bis vier konzentrischen Schichten übereinandergelegt. Später geht man, jedenfalls um den Bau zu verbilligen, von den großen Quadern ab und benützt kleinere Steine. Im übrigen aber lassen sich allgemeine Regeln für den Bau der Aquädukte nicht aufstellen: man kann sagen, daß jedes der vielen bis heute erhaltenen derartigen Bauwerke seine besondere Eigenart aufweist, die meist durch die Natur des Baumaterials bedingt ist, das man in der Nähe fand. Besonders kühne Konstruktionen treten uns in den zwei- und dreigeschossigen Aquädukten entgegen, die eine oft beträchtliche Höhe aufweisen. Die Ausführung derartiger Kunstbauten mußte natürlich die Gesamtanlage der Wasserleitungen außerordentlich verteuern. Trotz der Billigkeit der damaligen Arbeitskräfte kostete nach den Berechnungen von Belgrand der laufende Meter der beiden Aquädukte der Aqua Claudia etwa 80 Mark, eine infolge des geringen Querschnittes der Bauwerke sehr hohe Summe.

Die Rinne, in der das Wasser lief, hat bei den verschiedenen Aquädukten die mannigfachsten Querschnitte. Sie ist — von vereinzelten Fällen abgesehen — fast stets übermauert, um einesteils eine Verunreinigung des Wassers und um andererseits seine Erwärmung durch die Sonne zu verhüten. Zuweilen werden auf dem Aquädukt mehrere Rinnen übereinander angebracht. (Abb. 584 S. 435.) So erheben sich z. B. an der heutigen Porta maggiore zu Rom über und neben dem Tor noch gewaltige Aufbauten, in denen die Rinnen von nicht weniger als fünf Wasserleitungen dahinführen und zwar von unten nach oben der Marcia, Tepula (jetzt in der Mauer), Julia (in Mauer und Tor), Claudia, Anio novus (nur über dem Tor).

Gegenüber den Aquädukten treten die **Tunnelbauten** zurück. Sie bieten auch in technischer Hinsicht — nach dem schon oben über die Tunnels von Siloah und Samos Gesagten — wenig Bemerkenswertes dar. (Abb. 585.) Hingegen scheint es bemerkenswert, daß die Römer bereits eine **Klärung** des Wassers durch Absitzenlassen vornahmen. Das aus der Quelle kommende Wasser führte Erdreich, Schlamm und sonstige Sinkstoffe mit sich, die sich zwar teilweise schon in den Rinnen ablagerten, deren Entfernung man aber, sofern sie in zu großer Masse auftraten, in besonderen Klärbassins bewirkte. Diese Klärbassins (piscinae = Fischteiche, Teiche) waren große gemauerte Behälter, in die das Wasser hineinlief, und in denen es eine Zeitlang stehen blieb, ehe es zum

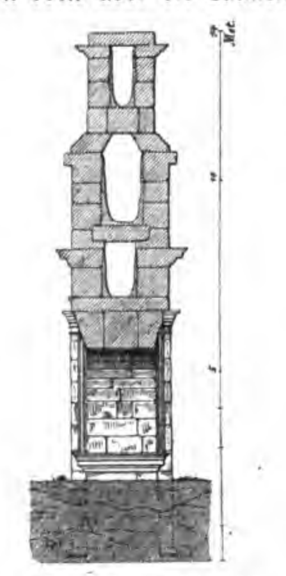


Abb. 584. Durchschnitt durch einen Teil der Aqua Marcia mit drei übereinanderliegenden Wasserrinnen.

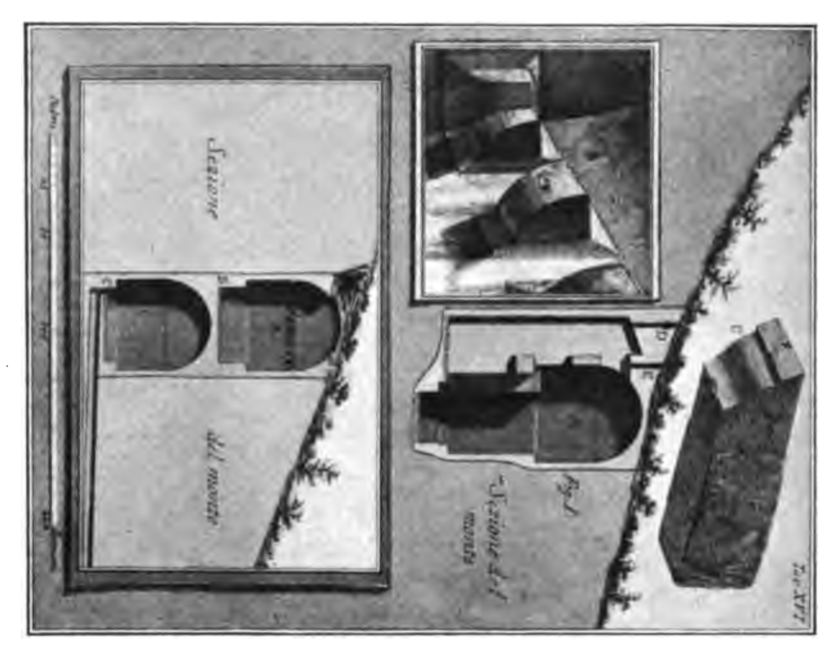


Abb. 586. Blick in die Piscina mirabilis bei Bajae.

Schiefer. Ziegelbeton. Sandstein.

Abb. 585. Tunnel- bzw Kanalleitung der Wasserleitung von Trier.
Der Kanal besteht aus Sohle, zwei Seitenmauern, und Gewölbe. Die Sohle ist in der Regel aus 3 Schichten: Schiefer, Beton (mit Kies) und Ziegelmörteldecke hergestellt. Die Seitenmauern bestehen aus verschiedenen Baumaterialien. Boden und Wände sind äußerst sorgfältig geglättet. Der Kanal läuft an Berghängen; Schluchten sind durch Aquädukte überbrückt.

Gebrauch entnommen wurde. Manchmal dienten sie auch, wie z. B. die Piscina mirabilis (siehe S. 435), als Vorratsbehälter und gleichzeitig als Klärbassin.



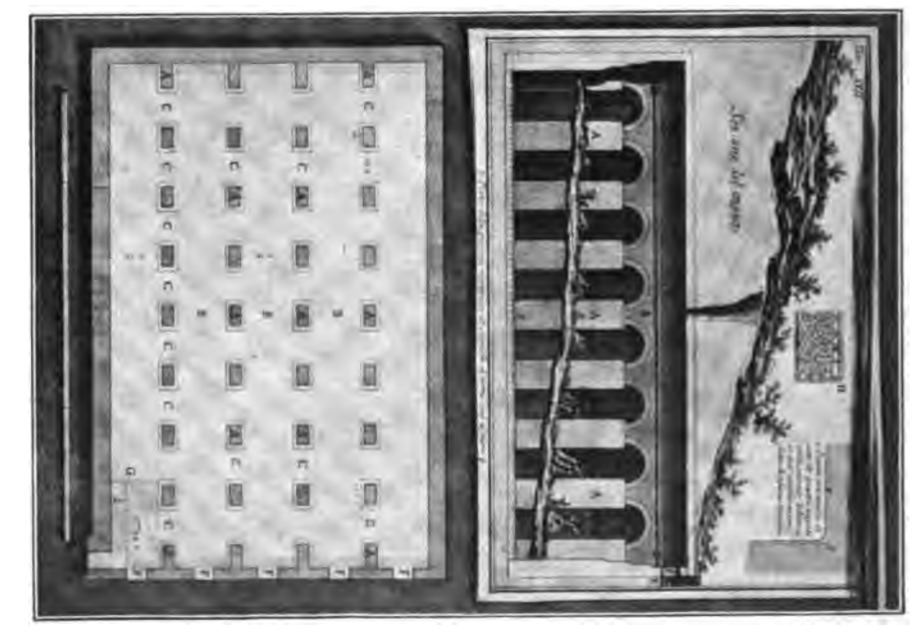


Abb. 587 und 588. Piscina bei Castel Gandolfo. (Erläuterung siehe Seite 457.)

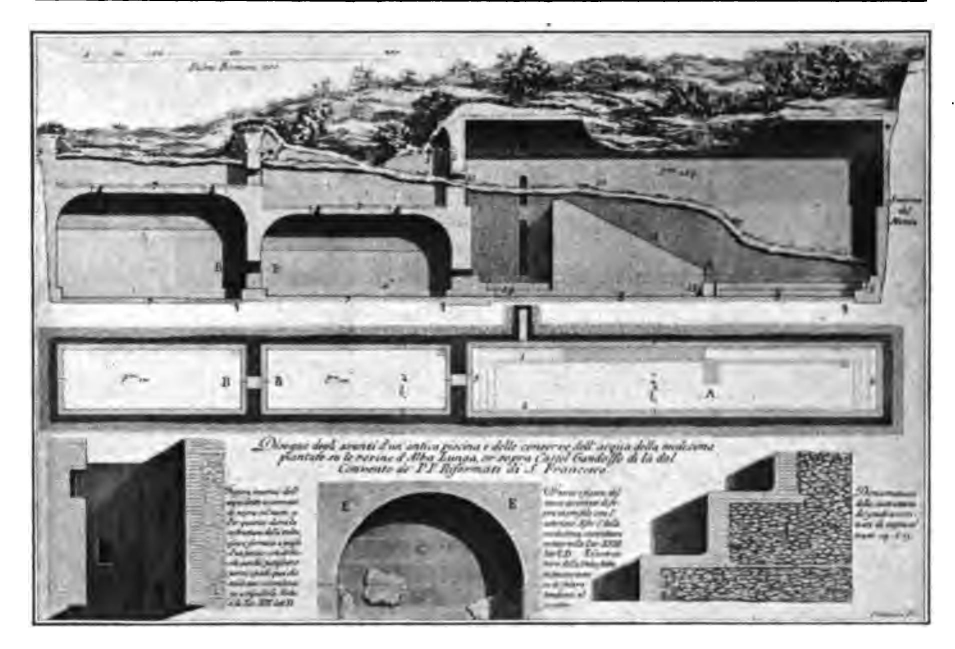


Abb. 589.

Abb. 587 bis 589. Querschnitte durch die zweigeschossige Piscina bei Castel Gondolfo und ihre Einzelteile.

Die Piscina ist in den Berg eingebaut und besteht aus einer Anzahl zum Teil von Säulen gestützter Behälter, von denen manche zu zweien übereinander stehen oder durch einen „Überlauf" in zwei nebeneinander befindliche Teile getrennt sind.

Manche Klärbassins bestanden aus zwei übereinander stehenden Behältern. Das Wasser lief in den unteren hinein, trat durch eine Öffnung in der Zwischendecke nach oben und wurde von hier entnommen. (Abb. 587 bis 589.)

Innerhalb der Städte wurde das Wasser unterirdisch weitergeleitet. Es ist bemerkenswert, daß man bei den altrömischen Wasserleitungen auch eine Art von Druckminderer, von Reduzierventil kannte, das bei sehr starkem Gefälle und infolgedessen hohen Druck in der Leitung diesen auf einen zweckmäßigen Gebrauchsdruck herabminderte. Ein solcher Druckminderer hat sich z. B. in Pompeji in Form zweier Pfeiler gefunden. Auf der Höhe des Pfeilers befand sich ein offener Behälter. Das Wasser wurde durch eine Röhre hinaufgeleitet und strömte durch die andere dann weiter. Es hatte dann nur noch den durch die Höhe des Pfeilers und die Weite der zweiten Röhre bedingten Druck. Der Druck des ursprünglichen Gefälles war ausgeschaltet.

Um das Wasser dann den Brunnen und Häusern zuzuleiten, verwendete man Röhren aus Ton oder Blei. Auch Steinröhren finden sich, jedoch selten. Die Bleiröhren stellte man einfach aus einem Bleibleche her, das man um einen Kern zusammenbog. Die Rohre haben sämtlich ovalen bzw. tropfenförmigen Querschnitt und sind an der Naht mit Blei verlötet. Sie wurden auch durch Löten mit Blei aneinander befestigt, wobei man das Ende des einen Rohrs mit Hilfe eines dornähnlichen Handwerkszeugs erweiterte. (Abb. 590 S. 438.) Dann steckte man in die so geschaffene trichterförmige Öffnung das Ende des anderen Rohres hinein und goß den Zwischenraum mit Blei aus bzw. verlötete ihn mit Blei. Belgrand hat über die Haltbarkeit der Lötnähte von römischen

Wasserleitungsröhren, die mit Blei verlötet waren, Versuche ausgeführt. Die von ihm hergestellten Rohre von 7 mm Stärke wurden bei einem Drucke von 3 Atmosphären kreisförmig. Bei 8 Atmosphären war die Aufrundung eine vollkommene, bei 18 Atmosphären platzten sie, wobei aber die Lötnaht unversehrt blieb. Diese erwies sich also druckfester als das Bleiblech. Anstatt der reinen Bleilötung wurde, wie Sieber nachgewiesen hat, auch ein Lot zum Zusammenlöten derartiger Rohre verwendet, das geringe Mengen von Zinn enthielt. (Siehe auch Seite 49.)

Vitruv hält (VIII 6) den Gebrauch von Tonröhren für vorteilhafter als den von Bleiröhren, da sie sich leichter auswechseln lassen, und da die Bleiröhre ein ungesunderes Wasser liefert. Das Blei liefert Bleiweiß, und das könne nach seiner Ansicht unmöglich gesund sein; sehen doch die Bleigießer immer schlecht aus. Außerdem aber sei das Wasser aus tönernen Leitungen sicher wohlschmeckender, denn auch an Prachttafeln pflegte man es nicht aus silbernen oder metallenen, sondern aus irdenen Gefäßen zu trinken. Kobert hat nun neuerdings in einer ausführlichen Studie und unter Bezugnahme auf eine Arbeit von Helwes nachgewiesen, daß sich Vergiftungen durch bleierne Wasserleitungsröhren auch in neuerer Zeit noch ereigneten, und daß somit die eben gekennzeichnete Ansicht des Vitruv als eine zutreffende bezeichnet werden muß. Dabei liegen aber jetzt nur in den Häusern bleierne Röhren, während sie im Altertum auch zu Straßenleitungen Verwendung fanden, so daß das Wasser viel länger mit ihnen in Berührung stand.



Abb. 590. Bleierne Wasserleitungsröhren.
Die Rohre hatten ursprünglich, wie das Rohr rechts, ovalen bzw. tropfenförmigen Querschnitt und wurden dann durch den Wasserdruck rund gebogen. Man beachte die kurzen Rohrstückchen u. dadurch bedingten vielen Lötstellen. Aus dem „Hause der Livia" Rom.

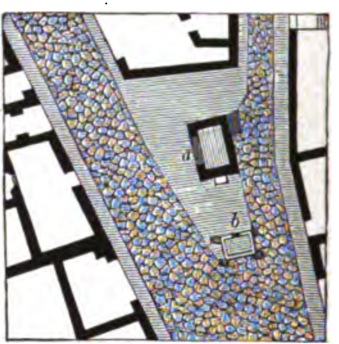


Abb. 591. Brunnen mit Wasserschloß in Pompeji (Plan).
a Wasserschloß; b Brunnen.



Abb. 592. Brunnen mit Wasserschloß in Pompeji (Ansicht).

Die Entnahme des Wassers geschah in den Straßen aus öffentlichen Brunnen, in den Häusern entweder gleichfalls aus Brunnen, die stets liefen, oder aus Zapf-



Abb. 596. Hausbrunnen (Mosaikbrunnen) in Pompeji.

hähnen. Die Brunnen der Straßen hatten häufig noch ein besonderes kleineres Wasserschloß, das in ihrer nächsten Nähe stand. (Abb. 591 und 592 S. 438.) Das Wasser läuft erst in das Wasserschloß und von hier aus in die Brunnen. Die einfacheren Brunnen bestanden aus einem kleinen massiven Pfeiler, in dem eine Durchbohrung in die Höhe führt, in der das Wasserleitungsrohr emporstieg. (Abb. 594.) Dieses mündet an einem Ausgusse, der meist mit einem figürlichen Schmucke versehen ist. Darunter befindet sich ein Bassin (Abb. 592), das aus Hausteinen hergestellt ist, die durch Klammern verbunden sind. Am vorderen Rande dieses Bassins ist ein Überlauf, aus dem das überschüssige Wasser abläuft. Zu diesem allgemeinen Brunnentyp gesellen sich noch die verschiedenartigsten anderen, die aber in technischer Hinsicht nichts Neues bieten.

In den Häusern mußte man das Wasser bezahlen. Deshalb verschloß man die Mündung der Leitung häufig durch einen Hahn (Abb. 595) und suchte durch die Anbringung dieses Zapfhahns dem übermäßigen Wasserverbrauche zu steuern. Die

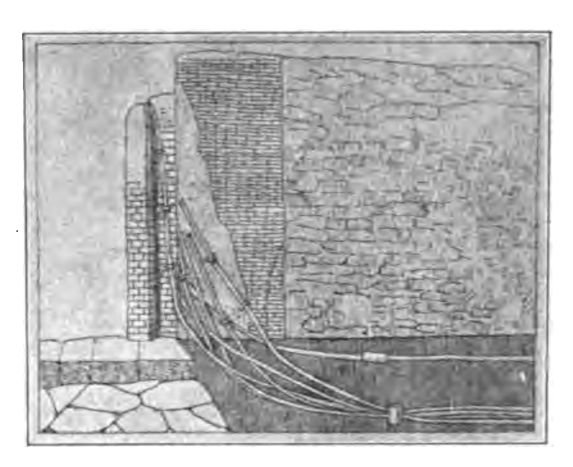


Abb. 593. Mit einem Hahn verschließbare Bleirohrzuflußleitungen zu einem Hause in Pompeji.

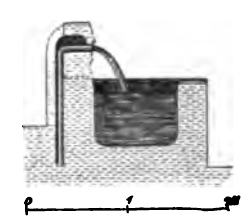


Abb. 594. Durchschnitt eines Brunnens in Pompeji.



Abb. 595. Wasserleitungshahn aus dem Palaste des Tiberius auf Capri. (Durch Drehen von b in a wird Rohr c geöffnet.) Museo nazionale in Neapel.

Bezahlung des verbrauchten Wassers geschah in Rom nach einer bestimmten Einheit, dem „Quinarius". Der Quinarius (nach der Silbermünze gleichen Namens bezeichnet) entsprach der Wassermenge, die in der Zeiteinheit ein senkrechtes 30 cm langes Rohr von 3 cm Durchmesser durchströmte, über dessen Zufluß eine Wassersäule von 33 cm Höhe ruhte. In 24 Stunden ergab sich hierbei eine Wassermenge von etwa 420 Litern. Von den Zapfhähnen sowie auch Leitungshähnen, die zum Absperren einzelner Teile der Wasserleitung dienten, sind uns verschiedene erhalten. Die beistehende Abb. 595 stellt einen Hahn aus dem Palast des Tiberius auf Capri dar. Man sieht sofort, daß sich der Teil b im Teil a drehte und so das Rohr c je nach seiner Stellung öffnete oder schloß.

Literatur zum Abschnitte: „Die Wasserversorgung" siehe hinter dem Abschnitte „Bewässerung und Entwässerung".

Die Kanalisation.

Mit der Verbreitung der Kanalisation stand es im Altertume fast durchweg so wie gegenwärtig bei uns: die größeren Städte waren meist mit Kanalisationseinrichtungen versehen, während sie in den kleineren fehlten. Allerdings war die Zahl der ausgeführten Kanalisationsanlagen im Verhältnis zur Anzahl der Städte damals eine scheinbar geringere als heute. Der gesundheitliche Wert der Kanalisation wurde wohl weniger gewürdigt als die Bequemlichkeit: je größer eine Stadt wurde, desto schwerer hielt es, und desto mühseliger wurde es, den Unrat und die Abwässer zu entfernen, die sich in großen Mengen ansammelten. Darum — und wahrscheinlich nicht aus gesundheitlichen Rücksichten — baute man Einrichtungen, durch die alle aus der Stadt abzuführenden Stoffe auf mechanischem Weg und möglichst ohne Mühe weggeschafft werden konnten: die Kanäle.

Kanalsysteme im Orient.

Diese Kanäle dienten ihrer ganzen Anlage und Beschaffenheit nach wohl in erster Linie zur Entfernung der Abwässer. Erst allmählich scheint man auch Unrat aller Art durch sie weggeschwemmt zu haben. Wir treffen in fast allen größeren Städten des Altertums auf solche Kanäle. Layard fand in Babylon ein gut durchgebildetes Kanalisationssystem, das ebenso wie das anderer mesopotamischer Städte, wie z. B. das von Nimrud, aus Hauptkanal und Seitenkanälen bestand. Die Seitenkanäle führen bis unter die Häuser und nehmen die hier zu entfernenden Abwässer auf. Die Herstellung der Kanäle selbst bietet in technischer Hinsicht mancherlei bemerkenswerte Einzelheiten, so vor allem die, daß sie gewölbt waren. (Abb. 597 und 598, Seite 442.) Das Gewölbe war kein falsches, durch allmähliche Vorkragung der höheren Steinschichten gebildetes, sondern ein echtes, durch entsprechende Stellung der Steine ausgeführtes, die als richtige Gewölbesteine zum Teil keilförmigen Querschnitt hatten. Es kann nach der ganzen Anlage, insbesondere des Kanals zu Nimrud, wohl keinem Zweifel unterliegen, daß zur Herstellung dieser Gewölbe ein spitzbogiges Lehrgerüst gedient hat. Des weiteren ist bemerkenswert, daß die Abwässer dem Hauptkanal durch ein ziemlich starkes Gefälle zugeführt wurden, was darauf schließen läßt, daß man sie möglichst rasch zu beseitigen suchte. Der Seitenkanal schließt sich etwa in einem Drittel der Höhe des Hauptkanals an diesen an, fällt ziemlich stark gegen ihn ab und steht durch einen senkrechten Schacht mit dem zu entwässernden Gebäude, in diesem Falle mit dem Südostpalast von Nimrud, in Verbindung. Er ist aus gebrannten Ziegelsteinen hergestellt und mit viereckigen Ziegelplatten gedeckt. Der senkrechte Schacht ist nach oben durch eine große Platte

abgeschlossen, die in der Mitte eine runde Durchbohrung trägt, die als Einguß diente. Da diese Durchbohrung eine geringere lichte Weite aufweist als der Schacht selbst, so erscheint die Vermutung gerechtfertigt, daß hier vielleicht eine Rohrleitung eingeführt war. In der Tat hat man in Nimrud auch Ziegelrohre gefunden, die die Verbindung der zu entwässernden Gebäude mit dem Kanalisationsnetze herstellen.

In ähnlicher Weise sind auch die Kanalisationseinrichtungen anderer mesopotamischer Städte ausgeführt.

Besonders bemerkenswert sind die Kanäle Jerusalems, einmal deshalb, weil man sie zum Teil in Felsen anlegte, dann aber auch deshalb, weil man sich bewußt war, daß die von ihnen mitgeführten Sinkstoffe für Landwirtschaft und Gartenkultur nutzbar verwendet werden können. Das Kanalisationssystem Jerusalems ist nicht auf einmal entstanden, sondern von altjüdischer Zeit bis zur Zeit der römischen Herrschaft in verschiedenen Zeitabschnitten ausgebaut worden. Die ältesten Kanäle wurden jedenfalls schon vor der Zeit König Davids hergestellt, also vor etwa 1055 v. Chr. Als



Abb. 597. Kanal unter dem Nordwestpalast von Nimrud.



Abb. 598. Kanal unter dem Südostpalast von Nimrud.

dann König David seine Burg Zion baute und Jerusalem zum Mittelpunkt des Reiches machte, dürfte er wahrscheinlich das alte Kanalisationssystem noch bedeutend erweitert haben. Über dieses selbst verdanken wir Schick eingehende Forschungen, der sich darüber also äußert: „Zwischen den Höhlen, Felsen und Steinhäusern befanden sich als Gassen breite Kanäle oder Rinnen, die aus dem Felsen gebrochen und dort, wo Felsen fehlte, durch Mauerwerk vervollständigt waren. Diese Kanäle leiteten alles Regen- und Schmutzwasser nach den Rändern des Felsens. Im allgemeinen waren diese Gassen schmal und krumm, doch war die Hauptgasse, welche von Norden vom Millo herabkam, verhältnismäßig geräumiger und auch wohl gerader als die von ihr nach links und rechts abzweigenden kurzen Seitengassen. Die Ausgußöffnungen dieser Kanäle am Rande des Felsens lagen naturgemäß niedriger als die Gassen und Häuser. Durch diese Wasserrinnen, d. h. die Ausgußöffnungen der Gassenkanäle und Kloaken,

drang Joab in Jerusalem ein und kam David ohne Blutvergießen in den Besitz der Stadt."

In Jerusalem scheint man das verbrauchte Wasser und den von den Kloaken kommenden Unrat getrennt abgeführt zu haben, eine Annahme, die dadurch zu einer an Gewißheit grenzenden Wahrscheinlichkeit wird, daß man Abzugsleitungen auffand, die zweifellos nur zur Abführung des bei religiösen Waschungen im Tempel verbrauchten Wassers dienten. Der Tempel war mit einer besonderen Wasserzuleitung versehen, die das für religiöse Gebräuche in reichlichen Mengen benötigte Wasser lieferte. Ebenso hatte er auch, wie viele Spuren beweisen, seine eigene Ableitung. Da sich noch andere ähnliche Leitungen gefunden haben, so drängt sich unwillkürlich die Vermutung auf, daß man in Jerusalem Kloakenwasser und Wasch- und Badewasser getrennt abgeführt hat. Die Ursache ist leicht einzusehen. Heutzutage wird durch eine sehr einfache Vorrichtung am Ablaufe der Aborte und der Wasserleitungsausgüsse, durch das sogenannte „Knie", dafür gesorgt, daß die Kloakenluft nicht in das Innere der Häuser eintritt. In diesem Knie soll stets Wasser stehen bleiben, das einen Abschluß der Hausräume gegen die Kanalisationsanlage bewirkt. Außerdem ist die Klosettanlage noch mit einer besonderen Entlüftungseinrichtung versehen. Diese Vorrichtungen kannte man damals noch nicht, deshalb suchte man auf andere Weise den Eintritt übler Düfte in die Aufenthaltsräume der Bewohner und vor allem in das Heiligtum des Tempels zu verhüten. Ein Mittel hierzu fand man in der allerdings etwas umständlichen und kostspieligen Anlage des doppelten Kanalsystems, das uns aber beweist, daß man bei den alten Juden neben anderen hygienischen Tatsachen auch die des Wertes einer Trennung von Kanalisation und Wohnraum erkannt hatte.



Abb. 599. Bleikloß zum Verschließen der Anlage zur Fortführung des Regenwassers am Totentempel des Sahurê.

Aber auch noch eine weitere Erkenntnis scheint man in Jerusalem bereits ausgenützt zu haben, nämlich die vom Werte der Sinkstoffe. Ein großer Behälter, in den ein Kanal einmündet, sowie Teiche, die mit der Kanalisation in Verbindung stehen, beweisen, daß man die in den Kanalwässern enthaltenen Schwebestoffe absitzen ließ. Sie wurden dann als Dünger verwendet. Das über dem Absatz abgezogene Wasser, das immerhin noch eine hinreichende Menge solcher Düngstoffe mit sich führte, diente dann zur Bewässerung von Gärten.

Auch die Ägypter verstanden es, Kanalsysteme anzulegen. Daß sie bereits um das Jahr 250 v. Chr. das bei religiösen Waschungen sich ergebende Wasser ableiteten, beweisen die von Borchardt vorgenommenen Ausgrabungen an dem um jene Zeit gebauten Totentempel des Königs Sahurê bei Abusir. Hier fand man außer Anlagen zur Fortführung des Regenwassers an fünf verschiedenen Stellen der Wände Spuren von Kalksteinbecken, die, mit einem Metalleinsatze versehen, als Ausguß dienten. Der Ablauf war durch einen 4 cm langen kegelförmigen Bleikloß verschlossen, in dessen obere Fläche eine Kupferöse eingelassen war. (Abb. 599.) Mittels eines in dieser Öse befindlichen Bronzerings war der Kloß an einer Kette befestigt. Unter den Becken führten Kupferrohrleitungen weg, die sich vereinigten und das gebrauchte Wasser oder auch das sich ansammelnde Regenwasser in das Tal hinableiteten. (Abb. 600 und 601 S. 444.) Die Gesamtlänge der Leitung betrug 400 m. Ein Stück des Rohrs war noch vollkommen unversehrt. Es besteht aus getriebenem Kupfer, hat einen Durchmesser von 4,7 cm und eine Wandstärke von 1,4 mm. Es

war einfach zusammengebogen und nirgends vernietet oder gefalzt. Man hatte seine Längsnaht einfach dadurch geschlossen, daß man die entsprechenden Seiten des Blechs übereinanderlegte und sie zusammenhämmerte. Das Rohr lag in einer



Abb. 600. Eingebettetes Kupferrohr zum Abführen des Regenwassers am Totentempel des Sahurê.



Abb. 601. Teil der Bettung für die Regenwasserableitung am Totentempel des Sahurê.

im Stein ausgehöhlten Rinne und war in ihr mit einem aus 45,54% Gips und 41,36% kohlensaurem Kalk bestehenden Mörtel befestigt.

Kanalisationsanlagen bei den Griechen.

Die griechischen Kanalisationsanlagen waren schon in alter Zeit sehr vervollkommnet. Bereits der Palast von Knossos besaß Aborte mit Wasserspülung. Derartige Aborte sind im griechischen und später auch im römischen Altertume keine Seltenheit. Wir finden sie auch in manchen Häusern von Thera, wo der Abort nicht nur mit einer Wasserspülung ausgestattet ist, sondern auch ein zum Waschen der Hände

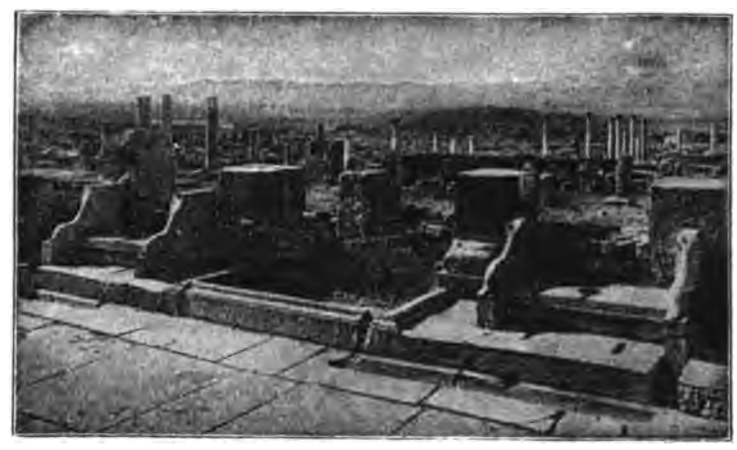


Abb. 602. Öffentlicher Abort mit Wasserspülung in Timgad.

dienendes Marmorbecken enthält. In Pergamon gibt es öffentliche Abtritte, die der Baupolizei unterstellt waren, in Ephesus werden derartige Anlagen zur Kaiserzeit sogar besonders prachtvoll ausgestattet. Wenn wir hier der Vollständigkeit halber gleich erwähnen, daß auch die römischen Städte öffentliche und zum Teil mit

Wasserspülung versehene Abtritte haben, so möge gleichzeitig darauf hingewiesen sein, daß sie diese Einrichtungen nebst so vielen anderen wahrscheinlich von der griechischen Kultur übernahmen. In Pompeji findet sich am Forum civile ein derartiger öffentlicher Abtritt. Er besteht aus zwei Abteilungen, einem Vor- und einem Hauptraume. Drei Seiten des Hauptraums waren mit den „Gelegenheiten" ausgestattet, die über einem am Boden dieser drei Seiten herumgeführten Kanal lagen. In den Kanal floß von der linken hinteren Ecke her aus einer Öffnung Wasser hinein, das dann an der entsprechenden anderen Ecke abfloß. Ein ähnlicher Abort mit ringsum laufendem Kanal wurde von Michaelis in den größeren Thermen Pompejis nachgewiesen. Besonders schön ist die Anlage in Timgad (Abb. 602, Seite 444), weitere finden wir in Puteoli usw. usw. Als man diese letztere 1850 ausgrub, hielt man sie zunächst für einen Tempel, weil die in dieser Hinsicht nicht verwöhnten damaligen Gelehrten überhaupt nicht auf die Idee kamen, daß eine derartige Einrichtung zu den Bedürfnissen einer auf dem Gebiete der Hygiene einigermaßen fortgeschrittenen Bevölkerung gehören könne. Die technische Einrichtung dieser mit Wasserspülung versehenen Aborte des Altertums unterschied sich von der heutigen freilich in weitgehendem Maße. Druckkessel und besondere Formen der Becken gab es nicht, dagegen glichen die Abtritte vielfach denen, wie sie zu jener Zeit häufig ausgeführt wurden, als derartige Einrichtungen bei uns aufkamen. Die Spülung geschah nämlich direkt von der Wasserleitung aus, meist aber war sie noch einfacher: die Sitzflächen befanden sich direkt über einem natürlichen oder künstlichen Wasserlaufe bzw. einem Kanal, der allen Unrat rasch fortführte.

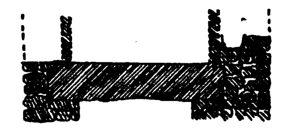


Abb. 603. Brausebad nach einer griechischen Vasenmalerei. Berlin, Altes Museum, Antiquarium.

Auch die Badeeinrichtungen wurden schon bei den Griechen an die Kanalisation angeschlossen. So hat man bei den Ausgrabungen zu Pergamon im oberen Gymnasion einen Baderaum freigelegt, der zum letztenmal im 2. Jahrhundert v. Chr. hergerichtet worden sein dürfte, wahrscheinlich aber schon aus früherer Zeit stammt, und bei dem das gebrauchte Wasser durch eine Anzahl (wahrscheinlich sieben) Wannen hindurchlief, in denen die Badenden standen, die sich (nach Art der Brausebäder) von dem über ihren Köpfen aus der Wasserleitung entströmenden Wasser überrieseln ließen. (Abb. 603.) Von der letzten Wanne lief das Wasser zur Erde und von da aus in einen Abzugskanal. Die Kanalisation von Milet zeigte Abmessungen, wie sie nach v. Salis „auch die Kanalisation einer modernen Großstadt nicht erreicht". Ähnliche großartige Kanalisationsanlagen finden wir in Athen, in Olympia, in Samos usw. usw.

Außer durch ihre Verbindung mit Wasserleitung und Kanalisation waren die Badeeinrichtungen auch sonst schon in den ältesten Zeiten mit großer technischer Vollkommenheit ausgestattet. So besitzt z. B. das älteste griechische Bad, von dem wir Kenntnis haben, das in der Königsburg von Tiryns

(Abb. 604 und 605) einen aus einer einzigen Steinplatte bestehenden Fußboden, der gleichzeitig als Grundlage für die Mauern dient. Der Boden ist geneigt, um das aus



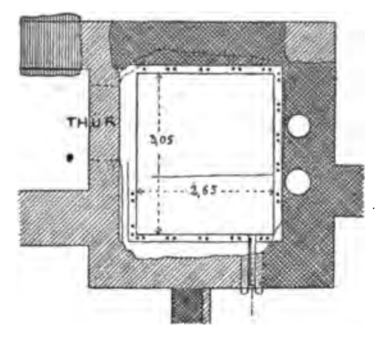


Abb. 604 u. 605. Bad in der Königsburg von Tiryns. Die Wanne stand in dem der Abflußrinne benachbarten Teil des Raumes.

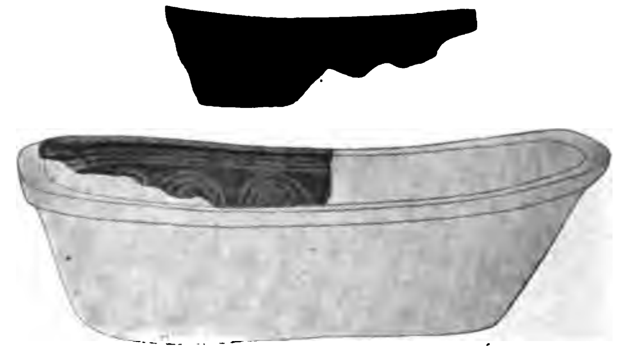


Abb. 606 u. 607. Die Wanne des Bades von Tiryns. (Oben der an der Außenwand angebrachte Henkel.)

der Wanne überlaufende Wasser zu sammeln und es einer besonders angebrachten Abflußrinne zuzuleiten. Die Form der Wanne, von der Stücke erhalten sind und die aus gebranntem Ton hergestellt war, gibt Abb. 606 und 607 wieder. Sie zeigt außen Henkel zum Heben und im Innern eine Verzierung in Gestalt eines Wellenornaments. Außer derartigen großen Wannen gab es aber auch noch andere, wie z. B. solche, die für Fußbad sowohl wie Sitzbad eingerichtet waren. (Abb. 608.) Ähnlichen Zwecken, sicherlich aber dem Fußbad, scheint eine in Priene aufgefundene Wanne gedient zu haben (Abb. 609), von der uns die Reste des Bodens erhalten sind. Nach den Ansätzen der Seitenwände zu schließen, waren diese vielleicht so ausgestaltet, daß sie einen Sitz bildeten oder daß auf sie ein Sitzbrett aufgelegt werden konnte. Vielleicht aber schlossen sie eine Einrichtung für Sitzbäder in



Abb. 608. Wanne für Fuß- und Sitzbad aus Mykenae.

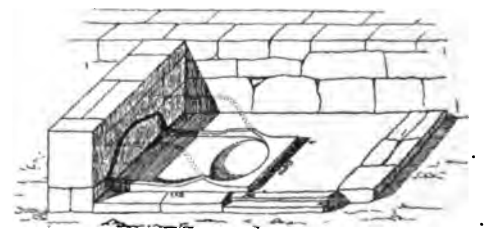


Abb. 609. Fußbadewanne aus Priene.

sich. Eine wohl für Massenbetrieb eingerichtete Wannenanlage hat sich im Gymnasium zu Priene gefunden, die in außerordentlich weitgehendem Maße

unseren neuesten Einrichtungen für Arbeiterhygiene ähnelt (Abb. 610). In zahlreichen Fabriken der Neuzeit findet man reihenförmig angeordnete Waschgelegenheiten für die Arbeiter. Das ihnen zugrunde liegende Prinzip zeigt auch die Wannenreihe des Gymnasiums zu Priene, bei der das Wasser aus einer Anzahl von Löwenköpfen in einen langen mit seinem oberen vorderen Rande 0,75 m über dem Fußboden befindlichen Trog läuft. Das Wasser floß über den Wannenrand



Abb. 610. Wascheinrichtung (im Hintergrund) und Fußbäder (in der Mitte des Vordergrunds) im Gymnasium zu Priene.

und den geneigten Fußboden ab, der es einer auf die Straße mündenden Rinne zuführte. Im Vordergrunde sind noch 2 Sitzblöcke zu sehen, vor denen sich Mulden für Fußbäder befanden. Die Abflußeinrichtung auf dem Fußboden der Palästra zu Olympia zeigt Abb. 611.



Abb. 611. Plan der Palaestra zu Olympia.

Die athenische Kanalisation ist deshalb besonders bemerkenswert, weil sie die Abwässer in einer Weise verschwinden ließ, die wir heute als „Versickerungssystem" bezeichnen würden. Der teils mit falschen, teils mit echten Gewölben ausgestattete Abzugskanal verteilt sich, nachdem er die Stadt verlassen hat, in eine Anzahl von kleinen Kanälen, so daß also die zuerst gesammelten Wässer nunmehr wieder in kleineren Bächen auseinanderfließen. Sie laufen in diesen kleinen Kanälen noch eine Strecke unterirdisch dahin und entströmten von hier nach den tiefer gelegenen Ebenen, in denen sie versickerten. Ob man dort nach Art unserer Rieselfelder Pflanzungen anlegte, um die in den Wässern enthaltenen Düngerstoffe zu verwerten, ist nicht bekannt. Da man jedoch an einem der kleineren Kanäle eine Art von Absperrschieber gefunden hat, die beweist, daß man die einzelnen Verteilungskanäle absperren konnte, so kann man wohl annehmen, daß die Stadt Athen ihre Abwässer nutzbringend verwertete, indem sie sie den einzelnen Pächtern der auf der Versickerungsebene liegenden

Ländereien zuteilte. Der athenische Hauptkanal war aus Quadersteinen hergestellt, die Verteilungskanäle bestanden aus gebranntem Ton. Abnehmbare Deckel gestatteten die Reinigung der Kanalisation. Die einzelnen Tonröhren waren lose aneinandergeschoben, in ähnlicher Weise wie man auch jetzt noch die Drainageröhren aneinanderzuschieben pflegt. Vielfach findet man bei griechischen Kanalisationsanlagen aber auch Rohre mit „aufgebürdelten" Enden, so daß man sie bequem ineinanderschieben konnte. Wo man sie lose aneinanderlegte, fand auch eine Verklammerung mit Hilfe von Bleiklammern statt. Daß ein Verschmieren der Berührungsstellen stattgehabt hätte, ließ sich bis jetzt nicht nachweisen. In Samos waren die Abzugskanäle zum Teil in den Felsen gearbeitet.

Römische Kanalisationsanlagen.

Unter den römischen Kanalisationsanlagen, die sich in bezug auf ihre technische Einrichtung im allgemeinen den griechischen anschließen, verdient die Entwässerungsanlage Roms, die heute noch erhaltene Cloaca maxima, besondere Erwähnung. Wie die meisten alten Kanalisationsanlagen war sie im Anfang oben wohl offen und ist erst später überdeckt worden. Zuerst diente sie vielleicht nur zur Entwässerung des Bodens und erst später dürfte sie ihrer eigentlichen Bestimmung übergeben worden sein. Zwischen dem kapitolinischen, dem palatinischen und dem esquilinischen Hügel Roms liegt nämlich in einer Höhe von 12 m über dem Meere und 7 m über dem Tiber eine Talsenkung, die früher sumpfig gewesen sein muß. Um auf diesem Grunde bauen zu können, mußte man ihn erst entwässern. Zu diesem Zwecke hat man zunächst den aus dieser Niederung nach dem Tiber zu fließenden Bach reguliert, eingefaßt und mit seitlichen Zuleitungen versehen, die ihm die in ihnen gesammelten Wässer zubrachten. Auch vom Palatin herab wird man Wasser eingeleitet haben. Dann ließ man durch dieses Wasser auch die Abwässer mit fortführen und überdeckte schließlich, da man durch den nunmehr aufsteigenden Geruch belästigt wurde, die ganze Anlage. So entstand allmählich die Cloaca maxima, die der Überlieferung nach vom fünften Könige Roms, Tarquinius Priscus (616—578 v. Chr.), hergestellt worden sein soll, die aber in der Gestalt, in der wir sie jetzt sehen, wahrscheinlich erst aus späterer Zeit, aus den Tagen der Republik, stammt.

Die Cloaca maxima wechselt in bezug auf ihre Abmessungen sehr. Der Querschnitt wird um so größer, je mehr sie sich dem Tiber nähert, eine Anordnung, die sich aus ihrer eben dargelegten Entstehungsgeschichte erklärt: in ihrem Verlaufe nahm die Kloake immer mehr Abzugskanäle auf, und infolgedessen wird die durch sie hindurchgeführte Wassermasse immer größer. Außerdem macht Merckel über sie noch folgende Angaben: Die Sohle der Cloaca maxima besteht aus den bekannten, im Altertume so vielfach zu Pflasterungszwecken verwendeten Polygonsteinen aus Lava, die Wände sind aus großen Tuffquadern, die in drei bis fünf Schichten übereinanderliegen. Einzelne Schichten sind aus Travertin. Die Größe der Quadern beträgt 2,50 m Länge, 0,80 m Höhe und 1 m Breite. Die Fugen weisen keine Mörtelschichten auf, die Steine scheinen im Innern durch mit Blei eingelassene Eisenklammern zusammengehalten zu sein. Das Gewölbe ist als Tonnengewölbe ausgebildet, es ist jedenfalls über einem Lehrgerüst ausgeführt und besteht aus Keilsteinen, die in sieben- bis neunfacher Schicht, an der Mündung in dreifacher Schicht liegen. Die Breite der Kloake wechselt außerordentlich. Einzelne Stellen lassen erkennen, daß sie



Abb. 612. Blick in einen Teil der Cloaca maxima.



Abb. 613. Die Mündung der Cloaca maxima in den Tiber.
An der Mündung ist als Baumaterial Peperin-Stein benutzt.

früher offen war, an anderen wieder ist sie nur mit starken Steinplatten bedeckt, die man heute noch leicht aufheben kann, wodurch ein Blick auf das rasch dahinfließende Wasser ermöglicht wird. An wieder anderen Stellen ist das Gewölbe aus Ziegeln hergestellt — kurzum es zeigt sich überall, daß an der Kloake zu verschiedenen Zeiten und nach verschiedenen Gesichtspunkten gebaut wurde. Darauf lassen auch die Schächte schließen, die verschiedentlich in die Höhe gehen, und die in bezug auf Durchbildung des Längsschnitts, ihrer oberen Öffnung usw. usw. in mannigfachster Weise von einander abweichen.

Wie in Rom, so legte man auch in den römischen Provinzstädten vielfach Kanalisationsanlagen an, ja sogar einige Feldlager, also Kastelle, versah man damit. So hat man auf der Saalburg eine Kanalisation nachgewiesen, die scheinbar sowohl zur Entwässerung des Bodens wie zur Aufnahme der Abwässer und vielleicht auch zur Entfernung des Unrats diente. Ob letzteres der Fall war, hat sich nicht nachweisen lassen, weil es bisher noch nicht gelang, die Stelle aufzufinden, auf der sich die Abortanlage befand. Die Wässer der Saalburg flossen durch kleinere und größere Kanäle, die teils mit Holzverschalung versehen, teils ausgemauert waren, unter Ausnutzung des starken Gefälles, das das dortige Gelände aufweist, zunächst in die Spitzgräben, die den Kastellmauern vorgelagert sind. Von hier aus flossen sie dann nach Norden zu ins Freie ab. Manche von diesen Gräben leisten auch heute noch nützliche Dienste, indem sie das bei starken Regengüssen im Kastell sich ansammelnde Regenwasser fortführen und so das Innere der Anlage trocken erhalten.

Literatur zum Abschnitte: „Die Kanalisation" siehe hinter dem Abschnitte: „Bewässerung und Entwässerung".

Bewässerung und Entwässerung.

Bewässerung und Entwässerung stehen insofern in engem Zusammenhange als die technischen Mittel zu ihrer Durchführung — geschlossene oder offene Gräben und die Ausnützung des Gefälles — die gleichen sind. Die ganze Technik ist eine derart einfache, daß über ihre Ausführung, die in ihren Grundzügen im Altertume bereits genau so geschah wie heutzutage, eigentlich nicht viel zu sagen ist. Das, was gerade auf diesem Gebiet unser Staunen und unsere Bewunderung erregt, ist weniger die technische Durchführung als vielmehr die Größe der einzelnen Anlagen, von denen manche Weltberühmtheit erlangt haben, wie z. B. die Entwässerung der Campagna durch die Römer.

Die ersten Drainierungsanlagen des Altertums, von denen wir Kenntnis haben, stammen ungefähr aus dem Jahre 1900 v. Chr., aus der Zeit vor dem babylonischen König Chammu-ragas. Sie dienten, wie Merckel ausführt, dazu, den Inhalt der Grabhügel von Ur trocken zu erhalten. Man erreichte dies, wie auch später noch, in einfachster Weise dadurch, daß man in den sumpfigen Boden Tonröhren einließ, die oben mit kleinen Löchern versehen waren. Das Sumpfwasser lief durch diese Löcher in die Röhren und wurde dadurch abgeleitet. Natürlich hatte man das Röhrennetz derart angelegt, daß die Röhren schief nach abwärts führten, und daß ein leichtes Gefälle vorhanden war, bis zuletzt ein Hauptrohr die gesamten Wassermassen aufnahm und wegführte. Die Anlage war derart vorzüglich ausgestaltet, daß wirklich eine vollständige Trockenlegung erfolgte. Wenn uns der Inhalt der Hügel bis auf den heutigen Tag erhalten geblieben ist, so ist dies vor allem der vorzüglich durchgeführten Entwässerungsanlage zuzuschreiben. Derartige Entwässerungsanlagen fanden sich in Babylonien und Assyrien noch mehrfach. Zum Teil waren sie mit Flußregulierungen verbunden. Man baute gewaltige Mauern, die die trocken zu legenden Ländereien von den Flüssen Euphrat und Tigris trennten, so daß deren Wasser keine Überschwemmungen verursachen konnte. Dann schuf man Entwässerungsanlagen, wobei man entweder Tonröhren anwandte oder offene Rinnsale grub, aus denen das Wasser ablief. Auf diese Weise gelang es, ausgedehnte Länderstrecken der Kultur zugänglich zu machen.

Eine besondere Ausbildung erfuhr die Bewässerung und Entwässerung Ägyptens, das man mit Recht als ein „Geschenk des Nils" bezeichnete. Der Nil steigt während der Monate Juni bis Oktober und überschwemmt dabei das Land. Hierbei setzt er einen blaugrauen Schlamm, einen „Schlick" ab, der die fruchtbare Ackererde darstellt. Soweit dieser Schlick reicht, so weit ist Gedeihen, wo er aufhört, beginnt die Wüste. Nun ist das Steigen und Fallen des Nils durchaus kein regelmäßiges. In den Jahren, wo nur ein geringes Steigen stattfand, waren Mißernten und Hungersnot zu verzeichnen. Diese Tatsachen zwangen dazu, die Nilüberschwemmungen zu regeln,

was mit Hilfe von Kanälen und großen Becken geschah, in die während der Zeit hohen Wasserstandes die Wasser des Nils abgeleitet wurden. Dadurch beugte man einerseits einer zu großen Überflutung vor, andererseits sorgte man dafür, daß die Überflutung auch alle Teile des Landes betraf. In welcher Weise das System von Kanälen und Wasserbecken im einzelnen ausgestaltet war, ist heute nicht mehr genau festzustellen. Jedenfalls beruhte es auf genauen Messungen der Nilhöhe, zu deren Vornahme besondere Pegel aufgestellt waren, die sich in Gebäuden befanden, zu denen nur die Priester Zutritt hatten. Die wirkliche Nilhöhe wurde nämlich geheim gehalten, da gewisse Steuern nach ihr erhoben wurden, deren Betrag die Priester nach dem jeweiligen oder angeblichen Nilstande bestimmten. Auch der sagenhafte Mörissee soll eines dieser großen Be- und Entwässerungsbecken gewesen sein. Herodot gibt von ihm eine, wie sich allerdings herausgestellt hat, jedenfalls sehr wenig zuverlässige Beschreibung. Ob es sich hier wirklich um einen natürlichen, später eingetrockneten See von riesiger Größe oder, wie andere wieder annehmen, um ein künstlich geschaffenes gewaltiges Wasserbecken handelte, wird sich wohl nie aufklären lassen. Oechelhäuser nimmt sogar an, daß der Mörissee überhaupt kein See gewesen ist, sondern daß man jenen neueren Forschungen Recht geben muß, die in ihm nur ein dem sumpfigen Fajum im Nildelta abgerungenes Stück Kulturland erkennen wollen, das durch Dämme vor Überschwemmung geschützt war. Unserer Ansicht nach wird sich das schon so viel und vor allem mit so vieler Phantasie erörterte Rätsel des Mörissees wohl überhaupt sobald nicht lösen lassen.

Genauer sind wir über die gewaltigen Entwässerungsarbeiten unterrichtet, die zur Trockenlegung des Kopaisseebeckens in Böotien geführt haben, der, wie Merckel in eingehender Schilderung ausführt, bis zum heutigen Tage ein Gegenstand der Forschung geblieben ist. Strabo berichtet, daß durch das Steigen der Gewässer dieses Sees mehrere Städte, darunter Athen, Arne, Midea und Eleusis, zerstört wurden. Auch das alte Orchomenos hat hier seinen Untergang gefunden. Er weist darauf hin, daß der See keinerlei Abfluß besaß, außer den unterirdischen Eingängen, in die der Kephissos einfloß. Die Mündungen dieser Eingänge in den See, die sogenannten „Saugschlunde," wurden nun durch Erdbeben oder Anschwemmungen oft verstopft. Alexander der Große ließ sie bloßlegen und reinigen, eine Arbeit, die der Ingenieur Krates ausführte. Später wurden auch noch künstliche Abzugsstollen in die Felsen getrieben, so daß eine gut arbeitende Entwässerungsanlage geschaffen wurde.

Ähnliche Stollen benutzten auch die Römer zu einem ihrer ältesten Entwässerungswerke, zur Ablassung des Albaner Sees, die im Jahre 396 v. Chr. ausgeführt wurde. Kriegsgefangene Etrusker waren es, die durch den Felsen hindurch einen Stollen sprengen mußten, durch den die Wässer des Sees abflossen. So gewaltig dieses Werk auch erscheint, so bietet es in technischer Hinsicht eigentlich nichts besonders Bemerkenswertes dar. Wir wissen von unseren früheren Betrachtungen, daß man damals unter Aufwand eines gewaltigen Menschenmaterials Leistungen fertig brachte, die uns heute in Erstaunen versetzen. Wir wissen ferner, daß die Zeit keinen Wert hatte, und kennen endlich die Verfahren der Felssprengung und Felsbearbeitung, die im Abschnitte „Bergbau" eingehend dargelegt wurden. Mit derartigem technischen Rüstzeug ließen sich noch weitere ähnliche Entwässerungsanlagen ausführen wie die im Jahre 289 v. Chr. erfolgte Tieferlegung des Delinus-Sees im Lande der Sabiner. Nicht immer allerdings glückten die Unternehmungen. So arbeiteten unter Kaiser Claudius 30 000 Sklaven 11 Jahre lang an der Herstellung des großen, 5½ km langen, durch

den Fels gebrochenen Abflußkanals, durch den der Luciner See trocken gelegt werden sollte. Daß das Werk nicht gelang, lag daran, daß man bei der Überwindung der Höhenunterschiede und bei sonstigen Einzelheiten Fehler gemacht hatte.

Mehr Glück hatte man bei den Drainierungsarbeiten in der Campagna, in den Pontinischen Sümpfen und bei anderen Entwässerungsanlagen. Die Campagna und die Pontinischen Sümpfe, die heute öde, von der Malaria durchseuchte Gelände darstellen, waren, insbesondere die Campagna in der näheren Umgebung Roms, einstmals ein blühendes Land, wo Fruchtbarkeit herrschte, und wo sich die Villen und Gärten der reichen Römer befanden. Hier, in der Campagna, stauen sich die von den Gebirgen dem Meere zuströmenden Gewässer und führen zur Sumpfbildung. Das Gleiche ist bei den Pontinischen Sümpfen der Fall. Die Römer hatten nun ein wohldurchgebildetes Drainagenetz angelegt, durch das die Sumpfgelände vollkommen trocken gelegt wurden, so daß sie bewohnbar und anbauungsfähig wurden. Die Drainage wurde sowohl mit Hilfe offener Gräben wie auch mit Hilfe von Rohrleitungen durchgeführt. Erst als Rom verfiel und man sie vernachlässigte, erfolgte von neuem die Bildung von Sümpfen. Mit ihr trat dann die Malaria auf, die Gegenden wurden entvölkert und sind es heute noch. Erst jetzt will man wieder daran gehen, sie durch eine erneute Drainage und sonstige Maßregeln zu erschließen. Ähnliche Drainagen wurden überall durchgeführt, wo römischer Einfluß und römische Kultur sich geltend machten. Aber wie in der Campagna, so sind auch sie nach dem Abzug der Römer vielfach wieder vernachlässigt worden, wodurch auch ihre Segnungen verschwanden.

Literatur zu den Abschnitten: „Die Wasserversorgung und die Kanalisation“ und „Bewässerung und Entwässerung“.

Altmann, Palast und Wohnhaus im Altertum. Umschau 1907, S. 844 ff.

Anonymus, Die Trockenlegung der Pontinischen Sümpfe. Welt der Technik 1904, S. 45.

Baeck, Aus dem alten Babylon. Das Wissen 4. Jahrg., Nr. 10 u. 11.

Ballu und Cagnat, Timgad, une cité africaine. Paris 1897.

Banks, Babylonian Excavations by the Germans. Scientific American 1913, S. 357.

— Entwässerungsanlagen bei den alten Babyloniern. Die Post 1905, Nr. 413.

— Excavations at Nippur. Scientific American 1901, S. 133.

Bauer, Die Wasserwerke Roms im Anfang der Kaiserzeit. Berlin 1876.

Belger, Die Wasserversorgung Korinths. Berliner Philologische Wochenschrift 1902

Belgrand, Les aqueducs romains. Paris 1875.

Borchardt, Das Grabmal des Königs Sahu-rê. Leipzig 1910 und 1913.

— Die Ausgrabung des Totentempels des Königs Sahu-rê bei Abusir. Mitt. der deutsch. Orientgesellschaft 1907/08, Nr. 37.

— Über ägyptische Nilmesser.

Bertholet, Der älteste Tunnel. Referat nach der „Zeitschrift für Tiefbau“ in „Welt der Technik“ 1906, S. 79.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Curtius, Über städtische Wasserbauten der Hellenen. Berlin 1847.

— Adler und Hirschfeld, Die Ausgrabungen zu Olympia. Berlin 1877—1881.

Dörpfeld, Die Ausgrabungen an der Enneakrunos. Mitt. des Kaiserl. deutschen Archäolog. Instituts in Athen, Band XVII, XVIII und XIX; 1892, 1893, 1894.

— Jakobsthal und Schazmann, Bericht über die Arbeiten zu Pergamon. Athen 1908.

Eyth, Das Wasser im alten und neuen Ägypten. Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1902, Nr. 6—9.

Fabricius, Altertümer auf der Insel Samos. Mitt. des Kais. deut. archäologischen Instituts in Athen, Band IX, 1884.

Fieber, Über die Untersuchung eines antiken Bleirohrs. Chemiker-Zeitung 1908, 13, S. 149.

Franghia, Rapports sur l'adduction des eaux d'Arroul. Jerusalem 1908.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Gsell, Les Monuments antiques de l'Algérie. Paris 1901.

Giebeler, Die antike Hochdruckwasserleitung der Burg Pergamon. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1897, Nr. 12.

— Über einige älteste Wasserleitungen und deren Beziehungen zu den neuesten. Verhandl. des deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. 1896.

Gräber, Die pergamenische Wasserleitung. Die Altertümer von Pergamon. Textband I, 3.

— Die Wasserleitung von Olympia. Die Ergebnisse der von dem Deutschen Reich veranstalteten Ausgrabungen zu Olympia. Textband II. Berlin 1892.

— Die Wasserleitungen von Pergamon. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1887.

— Die Wasserleitung zu Athen. Mitt. d. Kais. Archäologischen Instituts in Athen. Band XXX, 1905, S. 1 ff.

Guidi, Le fontane barocche di Roma. Dissertation Zürich 1917.

Haberlandt, Die Trinkwasserversorgung der primitiven Völker. Gotha 1912.

Herodot, Geschichten. I, 188; III 60.

Hoffchlaeger, Die Entstehung und Verbreitung der künstlichen Wasserleitungen in der Vorzeit und im Altertum. Vortrag,

geh. in der Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaften, der Medizin und der Technik am Niederrhein. Düsseldorf, 7. März 1913.
Hueisen, Die Thermen des Agrippa, ein Beitrag zur Topographie des Marsfeldes in Rom. Rom 1910.
Humann und Puchstein, Ausgrabungen zu Sendschirli. Berlin 1893—1902.
— — Reisen in Kleinasien und Nordsyrien. Berlin 1890.
Huntemüller, Wasserversorgung und Kanalisation im alten und heutigen Jerusalem. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 1916, Bd. 81, Heft 2, S. 257.
Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.
— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.
Kab, Die römischen Kaiserbad-Ruinen zu Baden-Baden. Ill. Badeblatt 1916, Nr. 18.
Kautzsch, Die Siloah-Inschrift. Zeitschr. des Deutschen Palästinavereins, 5. Band 1882.
Klinkowström, Graf v., Beiträge zur Geschichte der Wassererschließung. Zeitschrift des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner in Österreich-Ungarn 1913. Heft 12—15.
Kloetz, Aus der Wasserwirtschaft der alten Zeit. Zeitschr. der gesamten Wasserwirtschaft 1912, S. 142.
Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum. In Diergart: Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Köhler, Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung des Militärbadewesens usw. Veröffentlichungen auf dem Gebiete des Militär-Sanitätswesens 1913, Heft 56, S. 2.
Layard, Ninive und Babylon. Übersetzt von Zenker. Leipzig.
Lehmann-Haupt, Armenien einst und jetzt. Berlin 1910.
— Die historische Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.
Lemberg, Zur Geschichte der Trinkwasserfiltration. Der Städtische Tiefbau 1912, Heft 23.
Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit. Der Wohnungsbau. Stuttgart 1912.
Mastermann, The water supply of Jerusalem ancient and modern. The biblical World.
Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.
Nentwich, Tunesiana. Frankfurter Zeitung vom 18. Februar 1912.
Neuburger, Das Wasser als Hilfsmittel in Haus und Gewerbe. In Kraemer: Der Mensch und die Erde. Band IX, S. 149ff.
Nielsen, Die Straßenhygiene im Altertum. Archiv für Hygiene 1902, Heft 2, S. 85ff.
Noack, Die Baukunst des Altertums. Berlin.
Oechelhäuser, Technische Arbeit einst und jetzt. Vortrag zur Feier des 50jährigen Bestehens des Vereins Deutscher Ingenieure. Deutsche Techniker-Zeitung 1906, S. 443.
Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.
Partsch, Auf der Insel des Pelops. Breslau 1902.
Pfretzschner, Die Grundrißentwicklung der römischen Thermen. Erlangen 1908.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Rathgen, Über ein kupfernes Wasserleitungsrohr. Chemiker-Zeitung 1911, 34. S. 309.
Ratner, Die Trinkbarmachung ungenießbaren Wassers in der Bibel. Hygienische Rundschau 1910, Band XX, S. 190.
Reber, Des Vitruvius Zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.
Richter, Die Cloaca maxima in Rom. Berlin 1889.
Rohland, Zur Geschichte der Abwässeranlagen. Archiv für die Geschichte der Technik, Band IV, S. 215.
Rothey, Die Wasserleitungen des römischen Aventicum. Referat d. Voss. Zeitung vom 22. Januar 1911, Nr. 37.
Schick, Die Wasserversorgung der Stadt Jerusalem in geschichtlicher und topographischer Darstellung. Zeitschr. des Deutschen Palästina-Vereins, 1. Band, 1878.
Schleyer, Bäder und Badeanstalten. Leipzig 1909.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
— Mykenä. Bericht über meine Forschungen und Entdeckungen in Mykenä und Tiryns. Leipzig 1878.
— Tiryns. Der prähistorische Palast der Könige von Tiryns. Leipzig 1886.
Schreiber und Sieglin, Die Nekropole von Km-esch-Schukafa. Leipzig 1908.
Schubart, Ein Jahrtausend am Nil. Berlin 1912.
Schulze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland. Gütersloh 1906.

Schutte, Die Wasserversorgung der Stadt Hannover. Eine geschichtliche Einleitung. Hanomag-Nachrichten 1916, Heft 2, S. 23.
Söllner, Die hygienischen Anschauungen des römischen Architekten Vitruvius. Jenaer Medizinisch-historische Beiträge 1913, Heft 4.
Steuer, Die Wasserversorgung der Städte und Ortschaften. Berlin 1912.
Techniker, Der, im Altertum. Welt der Technik 1910, S. 142.
Trillat, Ein von den Römern angewandtes kolorimetrisches Verfahren zur Charakterisierung von Trinkwasser. Chemiker-Zeitung 1916, S. 750.
Ursprung, Der, der Nilfluten. Welt der Technik 1910, S. 278.
Wiedemann, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik bei den Arabern. Sitzungsberichte der phys.-med. Sozietät in Erlangen 1906, Band 38.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Wood, The ruins of Palmyra, otherwise Tedmor in the desert. London 1753.
Wolff, Bericht über die Arbeiten der Ausgrabungskommission (Heddernheim) in den Jahren 1903—1906. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV, S. 57 ff. Frankfurt a. M. 1907.
Woenig, Die Pflanzen im alten Ägypten. Leipzig 1897.
Ziller, Über die antiken Wasserleitungen Athens. Mitt. des kaiserl. deutsch. Archäologischen Instituts in Athen, Band II, 1877.
Zink, Die Entwicklung der Entwässerungen mit offenen Gräben und Drainagen von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Selbstverlag. Prag.
Zumpt, Über die bauliche Einrichtung des römischen Wohnhauses. Berlin 1852.

Straßen und Brücken.

Allgemeines.

Die Straßen des Altertums lassen sich im allgemeinen in zwei große Gruppen einteilen: in solche Straßen, die lediglich dem Verkehre zwischen benachbarten Ortschaften oder solchen Orten dienen sollten, zwischen denen ein lebhafter Handelsverkehr stattfand, und in solche, die aus strategischen Rücksichten erbaut wurden. Die Aufgabe dieser letzteren war es, dem Heere die Möglichkeit zu gewähren, in schnellen Märschen die Grenzen zu erreichen, um feindliche Einfälle abzuweisen oder selbst in das Nachbargebiet vorzudringen. Ebenso verschieden wie der Zweck war auch der Zustand der Straßen. Die Verkehrs- und Handelsstraßen sind im allgemeinen schlecht unterhalten; oft sind es bloße Saumpfade oder ausgetretene Wege ohne jeden Unterbau, ohne Vorrichtungen, die dem Regenwasser den Abfluß gewähren sollen — für ihre Unterhaltung wird nichts oder nur das Notwendigste ausgegeben. Anders die Heeresstraßen. Sie werden mit der größten Sorgfalt und mit hoher technischer Vollkommenheit angelegt, und ebenso sorgfältig hält man sie imstande; besondere, meist sehr zahlreiche Beamte sind mit ihrer Überwachung betraut. Als Grundlage der Straßenführung selbst gilt — und zwar sowohl für die Verkehrs- und Handels- wie für die Staats- und Kriegsstraßen — der mathematische Grundsatz, daß der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten die gerade Linie ist. Soweit nicht die Verhältnisse des Geländes zu Ausbiegungen und Umgehungen nötigen, ziehen sich die Straßen des Altertums meist kerzengerade dahin.

Straßen im Orient.

Über die Straßen der mesopotamischen Völker ist uns nur verhältnismäßig wenig bekannt. Man hat vor allem auch nur sehr geringe Spuren von ihnen aufgefunden, die uns keinerlei Begriff von ihrem Aussehen, ihrem Zustand und der Technik ihrer Herstellung zu geben vermögen. Layard hat Überreste einer nach Ninive führenden Straße aufgefunden, die mit Steinen gepflastert war. Die Reste waren jedoch zu ungenügend, um daraus irgendwelche Schlüsse auf die Straßenbautechnik jener Gegenden zu ziehen.

Bei den Ägyptern war es nicht nötig, große Straßen anzulegen; bildete doch

der Nil wie auch heute noch die beste und bequemste Hauptverkehrsstraße des Landes. Trotzdem führten vom Niltale sowohl von Osten wie nach Westen zu einzelne Straßen weg, die die Hauptandelsplätze mit entfernter gelegenen Orten verbanden. Es scheint sich hier jedoch meist um einfache Karawanenstraßen gehandelt zu haben, die aus Pfaden durch allmählichen Gebrauch von selbst entstanden. Später befestigte man dann die Straßendecke durch Steine. Die am Wüstenrand entlang führenden Straßen waren gegen die Wüste zu durch Mauern geschützt. Ob diese Mauern die Verwehung der Straße durch den Wüstensand verhindern, oder ob sie den Karawanen zum Schutze gegen die Angriffe der Wüstenbewohner dienen sollten, hat sich nicht mit Sicherheit feststellen lassen. Ramses II. ließ an der Küste Syriens eine Straße in Felsgestein sprengen, wohl das einzige Beispiel einer derartigen durch die Ägypter ausgeübten Straßenbautechnik. Die meisten ägyptischen Straßen wurden in späterer Zeit — nach der Eroberung durch die Römer — hergestellt und sind deshalb als römische Straßen zu betrachten. Auch ihre technische Ausgestaltung erfolgte nach den von den Römern bei ihren Straßenbauten bewährt gefundenen Grundsätzen.

Griechische Straßen.

Besser als über die Straßen der eben genannten Völker sind wir über die der Griechen unterrichtet, bei denen sich, wie auf so vielen Gebieten griechischer Technik, deutlich phönizischer Einfluß erkennen läßt. Es ist sogar wahrscheinlich, daß die ersten griechischen Straßen von den Phöniziern angelegt wurden, die ihre in Griechenland befindlichen Küstenplätze durch Straßen mit dem Innern des Landes verbanden, um von hier aus wertvolle Produkte nach den Schiffen befördern zu können. Hauptsächlich waren es Holz, Kupfer, Erze usw., die an die Küsten gebracht und hier entweder zu Schiffsbauten oder zur Anlage von Werften verwendet oder auf die Schiffe verladen wurden. Diese ältesten phönizischen Straßen waren sehr einfach. Man schlug Lichtungen durch die Wälder, glich Unebenheiten im Boden durch Einebnen aus, und wenn man in der Nähe der Küste, wie dies vielfach geschah, auf sumpfige Niederungen stieß, so errichtete man einen Damm, über den dann die Straße hinwegführte.

Als sich später die griechische Kultur immer mehr vom phönizischen Einflusse freimachte, und als Griechenland den Zeiten seiner höchsten Blüte entgegenging, da bildete sich auch eine eigene Straßenbautechnik aus. Für die Entwicklung dieser Technik war in Griechenland noch ein besonderer Umstand maßgebend. Man brauchte nicht nur wie bei andern Völkern Handels- und Kriegsstraßen, sondern auch Feststraßen, die zu den Heiligtümern, zu den Tempeln der Götter führten. Einzelne dieser Heiligtümer genossen ja beim ganzen Volk eine weitgehende Verehrung. Man veranstaltete zu gewissen Jahreszeiten oder an gewissen Tagen besondere Festzüge, zu denen das Volk von weit herbeiströmte. Um den Festzug ungestört durchführen zu können, mußte man Straßen anlegen, man mußte vor allem dafür sorgen, daß die kostbaren Festwagen ohne Schaden zu leiden ungestört dahinfahren konnten. Dies erreichte man dadurch, daß man in die Straßen die Geleise einschnitt, deren Entfernung der Spurweite der Wagenräder entsprach. Derartige Geleise an alten Feststraßen sind heute noch in ziemlicher Menge erhalten. Ihre Spurweite ist eine verschiedene, die Tiefe der Geleisfläche beträgt ungefähr 7 cm. Wir haben also hier gewissermaßen die Vorläufer der Straßenbahn, die älteste Art der „Schienenbahn"

vor uns, jedenfalls eine Art des Straßenbaus, die auch heute noch nicht ganz aus der Welt verschwunden ist. So befindet sich, um nur ein Beispiel anzuführen, zwischen Heringsdorf und Swinemünde eine Landstraße, in die ebenfalls Geleise, allerdings aus eisernen Trägern eingelassen sind, und auf denen die gewöhnlichen Landwagen dahinfahren. So und so oft dürften wohl Begegnungen auf der eingleisigen Strecke stattgefunden haben, woraus sich dann Ausweichstellen entwickelten, wie heute noch auf engen Gebirgspfaden. Auch die sogenannte „Trassenführung" entsprach jener, wie man sie am Anfange der Entwicklung des Eisenbahnwesens bei uns beobachten konnte. Damals führte man die Linie um alle Windungen und Kurven, um alle Hügel und sonstige Hindernisse herum, anstatt sie, wie man dies jetzt tun würde, glatt zu durchschneiden. So entstehen jene, heute noch im Betrieb befindlichen, durch ihren außerordentlichen Kurvenreichtum auffallenden Eisenbahnstrecken, wie wir sie in Deutschland vielfach finden. Auch die Griechen waren nicht imstande, größere Kunstbauten durchzuführen; sie schmiegten sich, indem sie die gerade Linie nach Möglichkeit beizubehalten suchten, doch allen Unebenheiten des Geländes an und bauten infolgedessen außerordentlich gewundene Straßen, durch die sich die Weglänge natürlich bedeutend vergrößerte. Im übrigen aber verstand man es, Felsen, soweit sie nicht zu groß waren, wegzuräumen oder einzuebnen, gute Dämme anzulegen, eine dauerhafte Straßendecke durch Pflasterung zu schaffen und die Straßen selbst künstlerisch auszugestalten, indem man an ihren Seiten Grabdenkmäler, Hermen, Brunnen usw. usw. aufstellte. Besonders bemerkenswerte Züge weist aber die Straßenbautechnik der alten Griechen nicht auf.

Die Straßen der Römer.

Diese treten uns in um so höherem und umfangreicherem Maßstabe bei den Straßenbauten der Römer entgegen, bei denen die Straßenbautechnik die höchste Stufe ihrer Entwicklung erreichte. Die Römer waren auf den Besitz guter Straßen angewiesen; nur durch ihre Schaffung und Unterhaltung vermochte das römische Weltreich zu bestehen. Roms ausgedehnter Handel stellte andere Anforderungen an die Beschaffenheit des Straßennetzes, als dies bei anderen Völkern der Fall war. Vor allem aber mußte man imstande sein, jeden Augenblick — unter Umständen mit gewaltigen Heeren — die oft weit entfernten Grenzen zu erreichen. Diese Aufgabe konnte nur durch die Schaffung eines ausgedehnten Straßennetzes gelöst werden. So geht denn die Verbreitung der römischen Herrschaft mit der gleichzeitigen Anlage von Straßen einher. Es bildete sich ein besonderer Stand der Straßenbaumeister, zahlreiche Kräfte wurden in den Dienst der Herstellung und Unterhaltung von Straßen gestellt. Zunächst einmal die Legionen selbst, denen stets Arbeit zugewiesen werden mußte, damit sie nicht durch Müßiggang zur Unzufriedenheit und zu Aufständen verleitet wurden. Dann aber mußten Sklaven sowie unterworfene Völker Hand anlegen, wenn es galt, eine Heeresstraße zu schaffen. Diese unterjochten Völker erkannten auch sehr richtig den Wert der Straßen für die Stützung der römischen Herrschaft; sie wußten, daß die Befreiung vom römischen Joche nur durch den Untergang der Straßen zu einer dauernden werden konnte. Als das römische Weltreich in Trümmer sank, war es daher bei vielen Völkern das erste, daß sie die römischen Straßen zerstörten und dadurch die Heere verhinderten, von neuem vorzudringen. Trotzdem haben sich noch zahlreiche alte Römerstraßen bis auf den heutigen Tag erhalten — der

beste Beweis für die Güte ihrer Ausführung und die hochentwickelte römische Straßenbautechnik!

Diese Technik hatte aber auch hinreichend Gelegenheit, sich im Laufe von Jahrhunderten zu großer Vollkommenheit zu entwickeln. Man schätzt die Gesamtlänge der von den Römern erbauten Straßen auf rund 76 000 km, so daß sie fast der doppelten Größe des Erdumfangs gleichkommt. Die Linienführung war derart durchgebildet, daß sie der der heutigen Eisenbahnen entspricht; man suchte den geradesten Weg beizubehalten, ganz gleich, welche Hindernisse sich auch entgegenstellten. Da wurden Felsen gesprengt, Tunnels durch Gebirge geschlagen, Dämme aufgeschüttet, Sümpfe entwässert und die Straße selbst derart gebaut, daß sie für ewige Dauer bestimmt schien. Mit Recht weist Matschoß darauf hin, daß die römischen Straßen Mauern glichen, die auf die Seite gelegt waren.

Diese hohe Straßenbautechnik hat sich aus einfachen Anfängen entwickelt. Auch im römischen Reiche waren die ersten Straßen, wie überall, zunächst einfache Verbindungswege, die immer mehr verbessert wurden, bis schließlich eine glatte Landstraße entstand. Aber auch diese einfachen Verbindungswege scheinen schon unter dem Gesichtspunkt der ewigen Dauer hergestellt. Noch heute findet man z. B. im Großherzogtum Oldenburg altrömische Bohlwege, also Wege, die nur aus Brettern geschaffen wurden, und die Jahrhunderte überdauert haben. Das Meßtischblatt Nr. 1734 der Königlich-Preußischen Landesaufnahme von 1898 enthält die Bezeichnung eines Weges als „römischer Bohlweg". Die Bohlen bestehen teils aus Eichen- teils aus Kiefernholz und sind meistens künstlich bearbeitet. Sie hatten die Form von Brettern mit dreikantigem Querschnitt. (Abb. 614.) Die Bretterbohlen lagen hart nebeneinander oder griffen etwas übereinander, so daß die dünne Seite jeder Bohle unter die dickere der darüber liegenden kam. In den weichen Moorpartien waren unter den Bohlen balkenförmige Längsschwellen angebracht. An jedem Ende der Bohle war ein drei oder vierkantiges Loch, durch das ein zur Befestigung dienender Pflock in das Moor hineingetrieben wurde. Die Unebenheiten, die durch die keilförmige Gestalt der Bohlen entstanden, wurden durch Sand oder Erde ausgefüllt. Eine genaue Beschreibung eines solchen Bohlweges gibt Böcker:

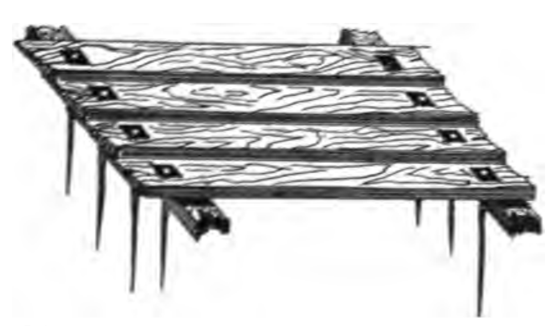


Abb. 614. Schematische Darstellung eines römischen Bohlweges.

„Bei diesem Bohlwege liegt Bohle an Bohle, etwas übereinandergreifend, ähnlich wie die Ziegel auf den Dächern. Die Bohlen sind mit der Axt bearbeitet, durch Längsschwellen und Pflöcke befestigt. Die ganze Arbeit ist sehr sorgfältig ausgeführt. Die Bohlen sind meistens aus Eichenholz angefertigt, während die Pflöcke auch aus Birken, Tannen und Erlen gewonnen sind. An dem Birkenholz ist noch die weiße Borke zu erkennen. Die Bohlen sind 3 m lang, 22 cm breit und 8 cm dick. In einer Entfernung von 22 cm von beiden Enden befindet sich ein quadratisches Loch, 10 qcm weit, durch welches ein Pflock gesteckt ist, um den Bohlen auf dem weicheren Moorboden mehr Festigkeit zu geben. Der längste Pflock ist 1,33 m lang, oben 4 cm, unten

kaum 2 cm dick. Die meisten Pflöcke zeigen eine Länge von 60—100 cm; auf einigen befindet sich oben ein Kopf, welcher 7 cm breit und 10 cm lang ist. Die Pflöcke sind scheinbar mit einigen Schlägen zugespitzt, die eichenen sind etwas viereckig. Die Bohlen sind gespalten; die gespaltene Seite liegt nach oben." An einer Stelle, welche vom genannten Bohlwege ungefähr 10 Minuten entfernt ist, hat man früher schon vielfach besondere Hölzer gefunden, und es ist Böcker gelungen zu konstatieren, daß an dieser Stelle ein mit dem ersten Bohlwege mehr oder weniger parallel laufender zweiter Bohlweg sich befindet, welcher ebenfalls von Nordwesten nach Südosten führt.

Diese hier beschriebenen Bohlwege werden auch in Tacitus erwähnt, der in seinen „Annalen" (I 61) schreibt, daß Germanicus den Legaten Cäcina vorausgeschickt habe, „um die Dunkelheit des Waldes auszukundschaften und Brücken und Dämme über feuchte Sümpfe und trügerische Flächen zu bauen". Vorher aber (I 63) heißt es:

„Nachdem er (Germanicus) darauf das Heer an die Ems zurückgeführt, brachte er die Legionen auf der Flotte, wie er sie hergebracht hatte, zurück. Die Reiterei erhielt den Befehl, an den Ufern des Ozeans her nach dem Rheine zu ziehen. Cäcina, der sein eigenes Heer führte, wurde ermahnt, obwohl er auf bekannten Wegen zurückgehe, so schnell als möglich die langen Brücken — pontes longi — zu überschreiten. Es ist dies ein schmaler Pfad in ausgedehnten Sümpfen und einst von L. Domitius aufgehöht (aggeratus). Das Übrige ist schlammig, zäher, anhängender Kot oder bodenloses Gewässer; herum sind allmählich ansteigende Waldungen, welche Arminius damals besetzt hielt, da er auf kürzeren Wegen und in Eilmärschen dem mit Gepäck und Waffen schwer beladenen Heere zuvorgekommen war. Cäcina überlegte, wie er die von Alter schadhaften Brücken wiederherstellen und zugleich den Feind abwehren könne; er beschloß, an der Stelle (wo der Sumpf begann, über den die langen Brücken führten) ein Lager aufzuschlagen, damit ein Teil des Heeres die Arbeit (die Wiederherstellung der Brücken) beginnen, ein anderer den Kampf aufnehmen könne."

Eine Abart der Bohlwege stellen die Pfahlwege dar, die ihrer Natur nach auf Pfähle oder Pfahlroste gelegte und oft noch mit einer Straßendecke versehene Bohlwege sind. Ein solcher bei Rödelheim gefundener Pfahlweg (Abb. 615 S. 462) hatte eine Breite von 4 m und setzte sich aus Eichenstämmen von etwa 2,20 m Höhe zusammen, die senkrecht in den Lettenboden bzw. die darunter befindliche Kiesschicht eingerammt waren. Sämtliche Pfähle waren aus in der Längsrichtung zerspaltenen Vollhölzern hergestellt, wobei mancher Stamm sechsmal gespalten worden war (siehe Abbbildung). Die Pfähle standen außerordentlich nah aneinander, ihre Kopfenden standen über die ganze Breite und Länge des Weges hinweg in gleicher Höhe. Darüber wurden in der Mitte durchgespaltene Stämme derart gelegt, daß die Spaltfläche nach unten, die Wölbung nach oben zu liegen kam. (In unserer Abbildung sind Vollstämme gezeichnet, die bei einer ersten von Cretzschmar vorgenommenen Ausgrabung ebenso wie auch bei den Pfählen selbst gefunden worden sein sollen, während weitere Forschungen dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigten.) Diese „Deckschwellen" waren teilweise länger als der Weg breit war. Die längeren Stücke hatten an dem über die Wegbreite hervorragenden Teil rechteckige Löcher, deren Zweck nicht genau festzustehen scheint (siehe Abbildung). Vielleicht trugen sie ein Geländer, vielleicht sollten hindurch und in den Untergrund gesteckte Pfähle ein Ausweichen der Straße nach der Seite zu, wie es unter dem Druck darüber fahrender Lasten nicht unmöglich erscheint, verhüten. Die Vertiefungen zwischen den Schwellen

waren durch Knüppel aus Erlenholz ausgefüllt. Auf dieser Unterlage befanden sich Faschinen und darüber die aus Kies bestehende Straßendecke.

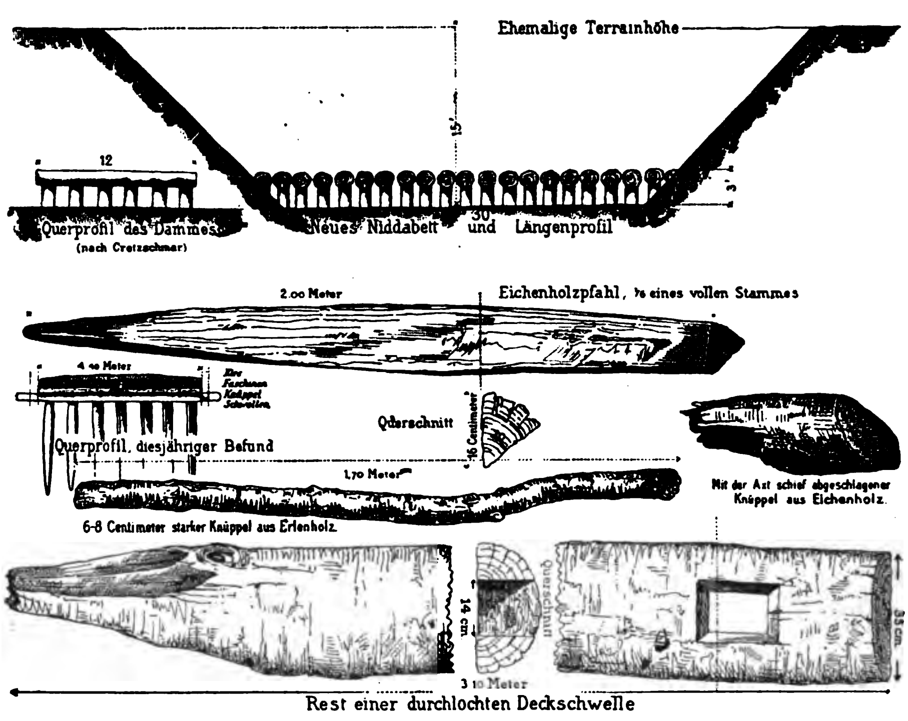


Abb. 615. Römischer Pfahlweg bei Rödelheim.

In diesen noch in der Kaiserzeit ausgeführten Bohlwegen dürfen wir wohl mit Recht eine der ältesten Arten römischer Straßenbautechnik erkennen; befanden sich doch in der Umgebung Roms zahlreiche Sümpfe, die durchquert werden mußten. Ehe man bessere Verfahren hatte, griff man wohl auch hier zur Anlage von Bohlwegen.

Später hat man dann von Rom aus insbesondere durch die Pontinischen Sümpfe, eine bessere Straße hindurchgelegt, die in gerader Richtung nach Cumae führte, die „via Domitiana", von der uns der Dichter Statius (45—96 n. Chr.) (Silvae IV 3, 40) eine eingehende Beschreibung gibt. Nach seinen Ausführungen wurde die Straße in der Weise gebaut, daß man zunächst zwei zueinander parallel laufende Gräben (sulci) zog, die die Begrenzung der Straße bildeten und zugleich dazu dienen sollten, das von ihr ablaufende Wasser aufzunehmen und abzuführen. Dann wurde die Erde zwischen den beiden Gräben abgegraben, so daß eine breite Rinne entstand, die die Bettung aufzunehmen bestimmt war. An den Seiten dieser Rinne wurde eine Reihe großer Randsteine (umbones) gesetzt, die die seitliche Begrenzung der Bettung und zugleich die innere Grabenseite darstellten. Um sie im sumpfigen Gelände zu

befestigen, schlug man an ihren Seiten starke Holzpfähle ein. Dann wurde die Bettung mit einer Lage größerer Steine bedeckt, auf die weitere Steinschichten kamen. Hierbei



Abb. 616. Durchschnitt durch eine römische Landstraße (Via Appia).
Deutsches Museum München.

wurde bereits darauf gesehen, eine gewölbte Straßendecke zu erhalten. Als eigentliche Decke diente dann kleinerer Steinschlag, der festgestampft und mit Sand oder Kies gestopft wurde. So erhielt man einen glatten Fahrdamm, von dem infolge seiner Wölbung das Regenwasser nach rechts und links in den Graben ablief.

Diese Art des Baus weisen fast alle Römerstraßen auf. Wir haben überall den Graben und die gewölbte Straßendecke sowie die Randsteine. (Abb. 616 bis 618.)

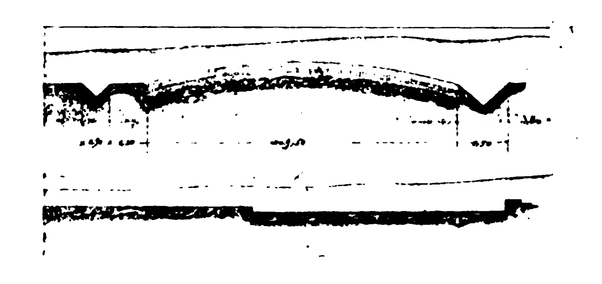


Abb. 617 u. 618. Durchschnitt römischer Straßen bei Heddernheim

Die Bettung besteht aus verschiedenen Schichten von Steinen, die von unten nach oben an Größe abnehmen. (Abb. 619 bis 621 S. 464.) Bei einzelnen Straßen finden sich allerdings Abweichungen, die durch die Natur der Umgebung oder durch die Art des Zweckes als geboten erschienen. So haben manche Straßen anstatt der einen Steinschicht eine Schicht aus Mörtel, der mit großem Steinschlag vermischt ist (Abb. 619 S. 464), andere wieder weisen eine Schicht festgestampfter Erde auf. Bei wieder anderen (Reims) ist die untere Schicht großer Steine ohne Kalkmörtel verlegt, bei noch anderen finden wir hydraulische Mörtel verwendet.

Ebenso ist die Gestalt der Oberfläche nicht immer gleich. Im allgemeinen besteht sie aus festgestampftem und mit Sand untermengtem Kleinschlag. Sehr vielfach sind die Straßen aber gepflastert, wobei verschiedenartiges Material zur Verwendung

kommt. Wir finden gewöhnliche, an der Oberfläche nicht einmal geglättete Pflastersteine (z. B. am Septimer) ebensowohl wie gute Plattenwege, die mit äußerster



Abb. 619. Durchschnitt durch die Bettung einer altrömischen Landstraße.
Deutsches Museum München.

Sorgfalt hergestellt sind (Via Appia). (Abb. 622 u. 623 S. 465.) Einzelne Straßen zeigen noch besonders kunstvolle Entwässerungsanlagen, so z. B. eine bei Heddern-

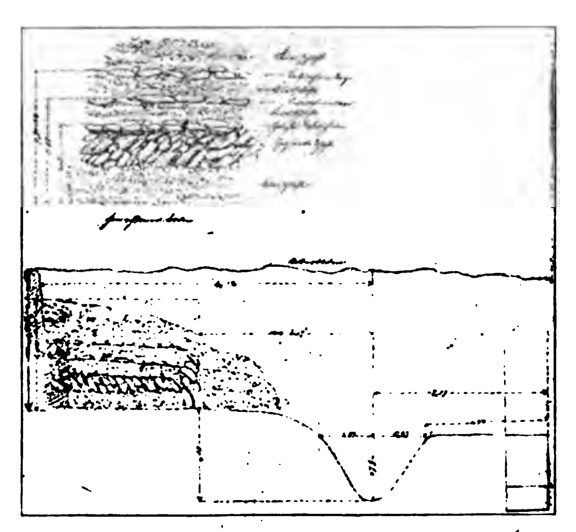


Abb. 620 u. 621. Römische Straße bei Heddernheim.
Reihenfolge der Schichten von unten nach oben: Gewachsener Boden, gestückte Schicht, gelegte Basaltsteine, Kiesschicht, Basalteinlage, Kiesschicht, Basalteinlage, Kiesschicht.

heim befindliche Straße, die in der Längsachse unter dem Straßenkörper einen tiefen Einschnitt aufweist, der neben den beiden Seitengräben als „Sickergraben" zur Ab-



Abb. 623. Teil der Via Appia.

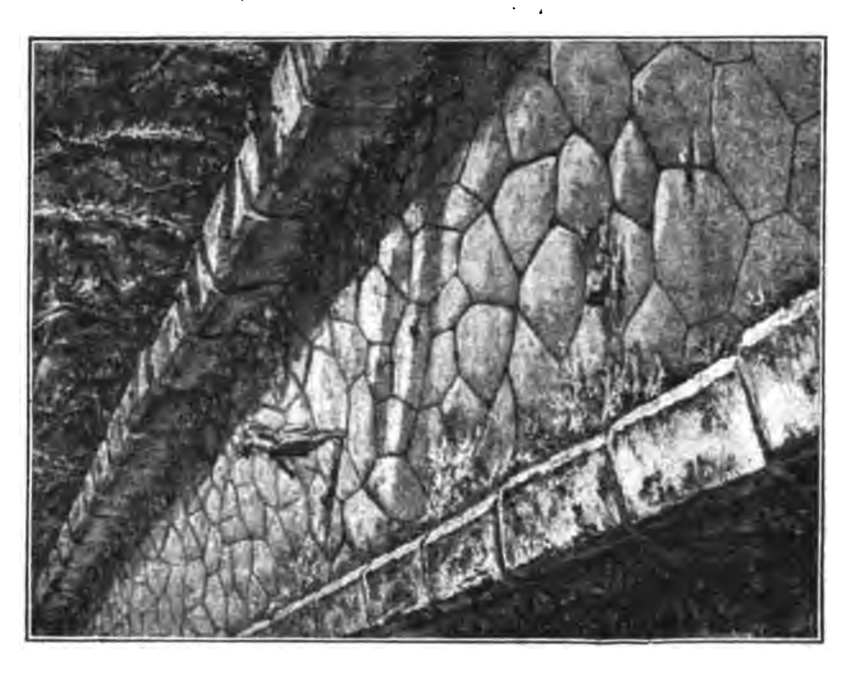


Abb. 622. Teil der Via Appia.

leitung des Regenwassers dienen soll. Er wurde beim Bau der Straße eingeschnitten, mit Holzbohlen belegt und dann durch den Steinkörper überdeckt, der aus Kies mit oder ohne eine Unterlage von gröberem Flußgeschiebe hergestellt wurde. Das Wasser sickerte durch den Kies in den Sickerkanal und lief außerdem noch über die gewölbte Decke in die Seitenkanäle ab. (Abb. 624).

Die Breite der Straßen war sehr verschieden. Während die Julier= ebenso wie andere alte Straßen nur eine Breite von 2 m aufweist, hat die Via Appia gleich der

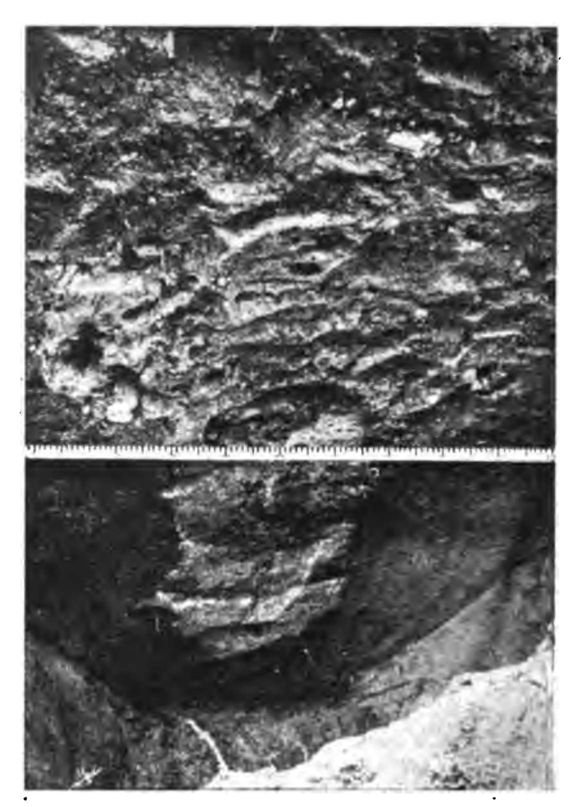


Abb. 624. Sickerkanal unter einer römischen Straße bei Heddernheim.

nach der Saalburg ziehenden Römerstraße und vielen sonstigen Straßen eine Breite von 4,30 m. Andere Straßen wieder weisen eine Breite von 7 m, wieder andere sogar noch darüber auf. Dabei waren manche Straßen noch nicht einmal in ihrer ganzen Breite gepflastert. Insbesondere an den Alpenstraßen hatte der Pflasterstreifen oft nur eine Breite von 1,50 m, während die Straße selbst 2 m, an manchen Stellen sogar bis 3 m breit war.

In bezug auf die äußere Ausstattung waren die Straßen sehr verschieden. Manche waren nur sehr einfach ausgestattet, andere wieder zeigten bedeutenden künstlerischen

Schmuck, insbesondere jene, die von den großen Städten wegführten. Hier waren zu beiden Seiten kunstvolle Grabdenkmäler angebracht, die die Straßen meilenweit begleiteten. Die großen Straßen hatten an der Seite häufig noch Fuß-





Abb. 625 u. 626. Römische Meilensteine.
Provinzialmuseum Trier.

steige, die oft überhöht und vom Fahrdamme durch einen niederen Steindamm getrennt waren. Außerdem waren noch Steine angebracht, die das bequemere Besteigen der Pferde und das Be- und Entladen der Lasttiere ermöglichten.

Bänke fanden sich häufig. Allenthalben standen Meilensteine, meist in der Form runder Säulen, die die Entfernung genau angaben, und die auch noch sonstige Hinweise, wie z. B. auf den Kaiser, unter dem die Straße gebaut wurde, u. dgl. enthielten. (Abb. 622 u. 623 S. 465 und Abb. 625 bis 628 S. 467 u. 468.)



Abb. 627. Römische Meilensteine auf der Höhe des Julierpasses (Schweiz) 2288 m, die die alte unter Augustus angelegte römische Straße flankierten.



Abb. 628. Rekonstruktion eines römischen Meilensteines.

Sprengarbeit.

Sehr oft war es nötig, die Straßen durch den Fels hindurchzusprengen. Auch davor scheute man nicht zurück, und so finden wir zahlreiche römische in den Fels gesprengte Straßen, wie z. B. jene, die von Tiberius am Eisernen Tor an der Donau entlang geführt wurde. Die Vollendung geschah erst im Jahre 103 n. Chr. durch Trajan. Beim Sprengen kamen die bereits im Abschnitte „Bergbau" behandelten Verfahren zur Anwendung. Man hat vielfach geglaubt, daß die Römer über besondere Verfahren zum Felssprengen verfügt hätten, die auch sonst im Altertume bekannt waren, und die auch von anderen Völkern angewendet wurden. So erzählt Livius im 21. Buche Kapitel 37 seiner Römischen Geschichte in einer Weise, die das Verfahren selbst als allgemein bekannt vorauszusetzen scheint, daß Hannibal bei seinem so berühmt gewordenen Übergang über die Alpen im Jahre 218 v. Chr. die im Wege stehenden Felsen durch „Feuer und Essig" aus dem Wege geräumt habe. Es handelt sich hier um eine Stelle in Livius' Schriften, die bereits reichlich kommentiert, aber niemals vollkommen erklärt worden ist. Hervorragende Sprachforscher und Chemiker haben sich damit beschäftigt, zu ermitteln, was denn dieser „Essig" (acetum) des Hannibal gewesen sein könne. Während die einen „aceta" lesen und darin eine Art Eis-

pickel sehen, glauben andere, daß es sich um ein Lötrohr, wieder andere aber, daß es sich um wirklichen Essig gehandelt habe. Insbesondere hat der bekannte Forscher auf dem Gebiete der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik Hermann Schelenz eine große Anzahl von Beweisen dafür beigebracht, daß hier tatsächlich Essig angewendet wurde, der damals bereits, insbesondere in weinbauenden Gegenden, in großen Mengen hergestellt wurde. Der Verfasser wendete sich auf der Naturforscherversammlung zu Wien 1913 gegen diese Annahme und zeigte zunächst an Hand chemischer Berechnungen, daß zum Auflösen einer verhältnismäßig geringen aus Kalk bestehenden Felsenmasse so gewaltige Mengen von Essig nötig gewesen wären, daß die Möglichkeit ihres Transportes zur damaligen Zeit als völlig ausgeschlossen erscheinen muß. Des weiteren wies er nach, daß die Vornahme derartiger Lösungen von Gesteinen durch Essig das Heer in ganz ungeheurem Maße selbst dann hätte aufhalten müssen, wenn es sich auch nur um Blöcke von verhältnismäßig geringem Umfange gehandelt hätte. Hannibal brauchte zu seinem Zug über die Alpen aber nur 15 Tage. Endlich aber wurde noch der Beweis erbracht, daß ein Lösen auch aus geologischen Gründen unmöglich erscheinen muß. Der Weg, den Hannibal nahm, steht nicht genau fest. Es stehen sich auch hier die verschiedensten Ansichten gegenüber. Alle Forscher sind jedoch darüber einig, daß nur die Ostalpen bzw. gewisse Teile der östlichen Zentralalpen in Frage kommen können. Die in Betracht kommenden Wege führten aber durchweg durch Gebiete, die zu den Gneis- oder den Schieferalpen gehören, und in denen Kalkeinsprengungen selten sind. Dann ließ sich der weiche Kalk mit den damaligen Werkzeugen entschieden leichter aus dem Wege räumen als der harte Gneis, der sich in Essig überhaupt nicht auflöst, so daß schon aus diesen Gründen die Annahme der Verwendung von Essig hinfällig erscheinen muß. Da aber die Karthager diesen Unterschied zwischen Gneis und Kalk überhaupt nicht gekannt haben dürften, und da sich, wie schon erwähnt, Kalk auf ihrem ganzen Wege nur in geringen Spuren findet, so dürften sie ihre ersten Lösungsversuche unter Verwendung von Essig, wenn sie solche überhaupt anstellten, mit großer Wahrscheinlichkeit am Gneis gemacht haben. Die dann eintretende Erfolglosigkeit ihrer Bemühungen müßte sie belehrt haben, daß ein Lösen der Felsen mit Essig selbst unter Verwendung von Feuer ganz unmöglich ist. Es ergibt sich damit aus chemischen, physikalischen, technischen und geologischen Gründen, daß Hannibal keinen Essig zur Anwendung gebracht haben kann, und die betreffende Stelle in Livius erscheint somit auch heute noch vollkommen ungeklärt. Hierzu bemerkt E. O. v. Lippmann: „daß es sich bei dem fraglichen, außer bei Livius auch noch bei vielen anderen antiken Schriftstellern erwähnten Vorgange nur um die abergläubische Idee handle, daß dem Essig eine ganz besonders ‚kalte Natur' zukomme, und daß daher, beim Aufgießen von Essig statt Wasser auf durch sogenanntes ‚Feuersetzen' erhitztes Gestein, durch das Aufeinanderprallen der extremsten Gegensätze eine ganz außergewöhnliche Wirkung erzielt werden müsse. Der Aberglaube betreffs der großen ‚Kälte' und der aus dieser entspringenden ungeheueren ‚Kraft' des Essigs war im Altertum allgemein verbreitet; soll doch, wie ich a. a. O. anführte, der Feldherr Metellus sogar einen Ziegelturm über Nacht mittels Essig ‚aufgelöst' haben! Auch jetzt noch ist er übrigens lebendig. Ich traf in der Schweiz italienische Arbeiter, die bei Anlage eines Felsenweges das erhitzte Gestein außer mit Wasser auch noch mit etwas Essig (aus einer Glasflasche) besprengten, ‚perchè è molto più freddo' (‚weil er viel kälter ist'), und dies als ein Zunftgeheimnis bezeichneten.

Daß an ein wirkliches ‚Auflösen' von Gesteinen nicht zu denken ist, ergibt für den Chemiker ohne weiteres die Rechnung: nach der Gleichung:

$$CaCO_3 + 2\,C_2H_4O_2 = (C_4H_6O_4)\,.\,Ca + CO_2 + H_2O$$

sind auf 100 Teile Kalkstein 120 Teile 100proz. Essigsäure oder 2400 Teile 5proz. Essig erforderlich: Hannibal hätte also, um auch nur 1 dz Kalkstein aufzulösen, schon etwa 2,5 cbm Essig nachfahren und durch die unwegsamen Saumpfade der Westalpen transportieren müssen!"

Die Brücken.

Einen besonders bemerkenswerten Teil im Zuge der Straßen stellen die Brücken dar, die sich allerdings erst auf einer schon etwas vorgeschritteneren Stufe des Verkehrs entwickeln konnten. Zunächst dürfte man, wenn es sich um die Überschreitung eines Flusses handelt, die Furten aufgesucht haben, an denen sich dann vielfach Ansiedlungen bildeten, so daß manche Furt die Ursache zur Entstehung einer Stadt wurde. Außerdem verwendete man, um über die Flüsse zu gelangen, Fähren und schließlich Brücken. Ob die ältesten Brücken, wie man vermutet, Schiffbrücken waren, mag dahingestellt bleiben. Sehr wahrscheinlich erscheint es nicht, da sich die Brücke wohl aus einem über ein schmales Flußbett gelegten Baumstamme weiter entwickelte. War ein breiteres Flußbett zu überschreiten, so lag es nahe, so viele Baumstämme zusammenzufügen, bis die beiden Ufer verbunden waren. Das Zusammenfügen konnte durch am Ufer oder an seichten im Flusse gelegenen Stellen errichtete Stützpunkte, wie Pfähle, Felsblöcke usw., erleichtert werden. Auf diese Weise läßt sich die Entwicklung der Brücke wohl am einfachsten erklären, ohne daß es nötig ist, sie, wie dies vielfach geschieht, aus der Schiffbrücke herzuleiten.

Allerdings kamen schon sehr früh Schiffbrücken zur Verwendung. So berichtet Herodot (VII 25 ff.) von der Schiffbrücke, die der Perserkönig Xerxes über den Strymon schlagen ließ:

„Das machte er also. Es war auch Tauwerk zu den Brücken im voraus gemacht, aus Byblos und aus weißem Flachs, das war den Phönikern und den Ägyptern auferlegt, und daß sie Lebensmittel anfahren sollten, damit das Heer nicht Hunger litte, noch das Zugvieh, das mit nach Hellas getrieben wurde." (Über „Byblos" siehe S. 486.)

Ferner erzählt er (VII 36) von einer weiteren Schiffbrücke, über deren Ausführung er folgende Angaben macht:

„Die Brücken aber verfertigten andere Baumeister, und bauten auf diese Art: Sie stellten Dreiruderer und Fünfzigruderer nebeneinander, nach der Seite des Pontos Euxeinos zu dreihundertsechzig, nach der anderen Seite dreihundertvierzig, jene dem Pontos entgegen, diese mit dem Strome des Hellespontos, damit er die ausgespannten Seile in der Schwebe hielte. Darauf warfen sie Anker aus von gewaltiger Größe, an der einen Brücke nach dem Pontos zu, der Winde wegen, die von innen herauswehen, auf der anderen Brücke aber gegen Abend und das Ägäische Meer zu, des Südost- und des Südwindes wegen. Sie ließen aber eine offene Durchfahrt zwischen den Fünfzigruderern und den Dreiruderern an drei Orten, damit einer mit kleinen Schiffen nach dem Pontos hinein- und aus dem Pontos herausfahren konnte. Als sie dies getan, spannten sie vom Lande aus die Seile vermittelst hölzerner Winden an. Doch brachten sie nicht jedes besonders an, sondern sie banden zusammen je zwei

von weißem Flachs und je vier von Byblos. An Dicke und Ansehn waren sie einander gleich, aber die von Flachs waren natürlich schwerer, eine Elle davon wog ein Pfund. Und als nun die Schiffbrücke geschlagen war, sägten sie Baumstämme durch und machten sie ebenso breit wie die Brücke und legten sie in guter Ordnung über die ausgespannten Seile, und wie sie dieselben eins nach dem anderen hingelegt, banden sie sie wieder fest. Als sie das getan, trugen sie Balken hinauf, und als sie auch die Balken in guter Ordnung hingelegt, trugen sie Erde hinauf, und als sie auch die Erde hinaufgebracht, machten sie ein Geländer von beiden Seiten, damit das Zugvieh und die Pferde nicht scheuten, wenn sie das Meer sähen."

Im übrigen wird erwähnt, daß anstatt des weißen Flachses von den Ägyptern auch Byblos zum Bau der Brücken verwendet wurde. Die Schiffbrücken wurden überhaupt im Altertum gern und viel angewandt, auch noch in der spätrömischen Zeit, als man schon längst gute und dauerhafte Brücken zu schlagen verstand. Die Schiffbrücke war besonders für Heereszwecke sehr geeignet; ließ sie sich doch am schnellsten herstellen und wieder abbrechen. Darum führten einzelne Heeresteile stets das zum Bau solcher Brücken nötige Material mit sich. Die Eisen und Haken, die zum Zusammenhalten der Bretter dienten, waren häufig schon vorbereitet.

Von den Heeresbrücken und überhaupt allen gewissermaßen unvorbereitet hergestellten Brücken hat ganz besonders die von Cäsar bei seinem ersten Rheinübergange geschaffene Brücke große Berühmtheit erlangt. Sie ist in neuerer Zeit vielfach rekonstruiert worden, und es existieren eine ganze Anzahl Modelle von ihr. Im übrigen aber ist die Beschreibung, die Cäsar vom Brückenbau gibt, eine derart klare, daß sie für den technisch durchgebildeten Leser keinerlei Zweifel übrig läßt. Die Brücke ist deshalb ganz besonders bemerkenswert, weil sie scheinbar keinen Vorläufer hat; bezeichnet er sie doch selbst als neu. Über den Brückenbau aber berichtet er (nach Woyte):

„Aus all den erwähnten Gründen also hatte sich Cäsar dazu entschlossen, über den Rhein zu gehen. Der Übergang zu Schiff jedoch erschien ihm weder sicher genug noch mit seiner oder des römischen Volkes Würde vereinbar. Obgleich sich nun bei der Breite, der reißenden Strömung und der Tiefe des Rheins der Bau einer Brücke als überaus schwierig herausstellte, glaubte er doch, darauf bestehen oder den Übergang ganz unterlassen zu müssen.

Die Konstruktion, die er der Brücke gab, war neu und folgender Art. 1½ Fuß (etwa ½ m) dicke Pfähle, am unteren Ende ein wenig zugespitzt und je nach der Tiefe des Wasser verschieden lang, ließ er paarweise in einem Abstande von 2 Fuß (etwa 70 cm) miteinander verbinden. Diese wurden dann mit Maschinen in den Fluß hinabgelassen, festgemacht und eingerammt, aber nicht senkrecht, wie sonst Tragbalken, sondern schräg wie Dachsparren, und zwar in der Stromrichtung. Darauf wurde jedem dieser Paare gegenüber weiter flußabwärts in einer Entfernung von 40 Fuß (etwa 13 m) der Stromrichtung entgegen ein anderes in gleicher Weise verbundenes Pfahlpaar festgemacht. Diese Pfahlpaare bekamen einen festen Stand durch Holme, die, dem Abstande der Pfähle voneinander entsprechend, in einer Stärke von 2 Fuß von oben eingelassen und an den beiden Enden durch doppelte Klammern mit den Pfählen fest verbunden wurden. Da hierdurch die Pfahlpaare in gehörigem Abstande von einander und in der Richtung, die sie gegeneinander hatten, gehalten wurden, war die Festigkeit und natürliche Beschaffenheit des ganzes Baues der Art, daß, je stärker die Strömung anprallte, die Balken um so fester ineinander gezwängt wurden. Die Pfahljoche wurden durch Längsbalken miteinander verbunden und diese wieder

mit Stangen und Flechtwerk belegt. Trotzdem der Bau schon fest genug war, wurden noch stromaufwärts Pfähle schräg eingerammt. Diese, dem Bau schützend vorgelagert und mit ihm verbunden, brachen die Gewalt der Strömung. Ebenso wurden stromaufwärts in mäßiger Entfernung von der Brücke Strebebalken eingerammt. Diese sollten für den Fall, daß der Feind Baumstämme oder Schiffe zur Zerstörung des Baues stromabwärts treiben ließ, deren Anprall mindern und die Brücke vor Beschädigung sichern.

Binnen zehn Tagen vom ersten Herbeischaffen des Baumaterials an war die Brücke fertig, und das Heer marschierte hinüber."

Wir müssen uns, wie Cohausen in seinen eingehenden Untersuchungen, denen wir nachstehend im allgemeinen, jedoch nicht in allen Punkten folgen, mit Recht betont, Cäsars Rheinbrücke als eine sogenannte „Bockbrücke" vorstellen, deren Böcke aus zwei Paaren (Abb. 629) je paarweise parallel miteinander verbundener

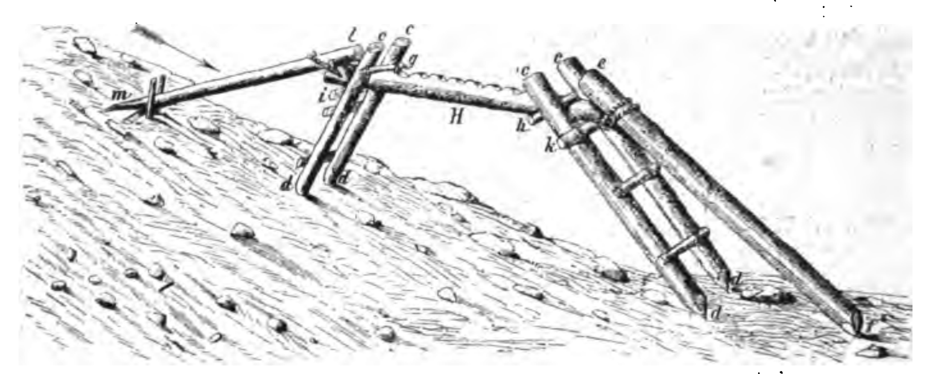


Abb. 629. Bockbrücke als Modell von Cäsars Rheinbrücke am Lande aufgestellt.

Beine (c d, c d,) und einem Holm (H) bestanden. Beine und Holm, aus in der Nähe gefällten Rundhölzern bestehend, die ersteren unten zugespitzt, wurden erst an Ort und Stelle miteinander verbunden. Die Beine wurden durch einige Schläge in den Grund des Flusses eingetrieben. Ihren Halt bekam die Brücke durch die Verbindung der Böcke, die in der Weise vor sich ging, daß von Land zu Land jeder Holm mit dem folgenden durch sogenannte „Streckbalken" verbunden wurde. Außerdem wurden die Beine noch gegen den Wasserstoß verstrebt. Die Rheinbrücke besteht also unter Zugrundelegung der eben gemachten Ausführungen aus folgenden Teilen (Abb. 630): den Bockbeinen c d, die bei d angespitzt sind, den Holmen g h, die auf

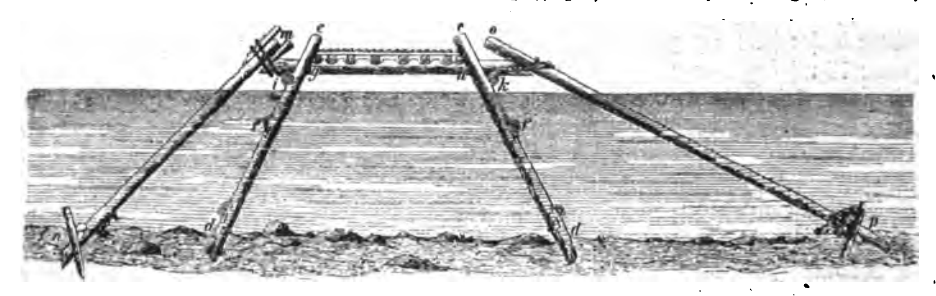


Abb. 630. Cäsars Rheinbrücke. Stromrichtung m n nach o p.

den Balken i und k aufruhen, den Klammern bei g h i k, die Beine und Holme verbinden, den unter Wasser befindlichen Verstrebungen bei d und f und den Vorrichtungen o p und m n (Gegenstreben), die die Brücke gegen im Flusse treibende Zerstörungsmittel sichern sowie eine weitere Festigung bewirken sollen. Oberhalb, stromaufwärts, müssen wir uns dann noch eingerammte Pfähle denken, also eine Art von geöffnetem Nadelwehr, die die Gewalt der Strömung brachen.

Zur Ausführung der Brücke wurden zweifellos Pontons benutzt, von denen aus man die Pfähle ins Wasser versenkte, um dann darauf den Holm zu befestigen. Ob das Einschlagen der Pfähle mit Hilfe von Hämmern oder mit Hilfe einer auf den Pontons aufgestellten Ramme geschah, berichtet Cäsar nicht. Um die Richtung genau einzuhalten, wurden wahrscheinlich von Ufer zu Ufer Richtseile gespannt, die vielleicht auch unterstützt durch schief nach dem Ufer geführte Halte- und im Fluß angebrachte Ankertaue zum Festhalten der Pontons während der Arbeit dienten.

Wo die Brücke gestanden hat, ist bis jetzt nicht aufgeklärt worden. Wahrscheinlich hat man die Stelle des Brückenschlages zwischen Andernach und Koblenz zu suchen. Jedenfalls stellt die im stark strömenden Rheine hergestellte Brücke der Ingenieurtechnik Cäsars und seiner Baumeister ein hohes Zeugnis aus.

Im Gegensatze zu diesen nicht für die Dauer berechneten Brücken spielten im Altertume die Dauerbrücken eine große Rolle, die wir schon im alten Babylon vorfinden. Hier befand sich wohl die älteste Brücke des Altertums, der wir eine größere technische Bedeutung zumessen können, die Euphratbrücke, die die beiden Stadthälften des alten Babylon miteinander verband und auf Nebukadnezar als Erbauer zurückgeführt wird. Der Fluß ist an jener Stelle 900 m breit. Darin wurden mehr als 100 Steinpfeiler errichtet, auf die die Brückenbahn zu liegen kam, die aus Palmbalken hergestellt sowie überdacht war und eine Breite von 9 m aufwies. So bemerkenswert diese Brücke auch als Bauwerk erscheint, so müssen gegen ihre Ausführung doch einige Bedenken technischer Art geltend gemacht werden. Zunächst einmal war, wie sich leicht berechnen läßt, der Zwischenraum zwischen den einzelnen Steinpfeilern, deren Breite unbekannt ist, nur sehr gering, vielleicht 5—6 m. Durch diese engen Durchströmungsöffnungen und die Unzahl der Pfeiler wird im Fluß ein großes Hindernis geschaffen, das zu Stauungen und bei Hochwasser zu Überschwemmungen führen kann. Außerdem verstand man damals scheinbar noch nicht im Flusse selbst zu fundamentieren. Der Fluß soll vielmehr während der Herstellung umgeleitet worden sein. Dagegen waren die Pfeiler bereits gegen die Strömung zugespitzt, so daß sich an ihrer Kante das Wasser leicht brach. An der der Strömung abgewendeten Seite waren sie stumpf. Später verbesserte man, und zwar wohl schon in Mesopotamien den Brückenbau allmählich dadurch, daß man zu gewölbten Brückenöffnungen überging. (Abb. 631 S. 474.) Es wurde bereits oben (siehe die Abschnitte „Wasserversorgung", „Kanalisation" und „Bauausführung") so oft vom Gewölbebau und seiner Ausführung gesprochen, daß es sich wohl erübrigt, hier noch näher darauf einzugehen. Der bei den Brücken angewandte Gewölbebau unterscheidet sich in keiner Weise von jenem, wie er auch für Wasserleitungen, Kanäle usw. ausgeführt wurde. Die Zeitabschnitte der Entwicklung entsprechen auch bei den Brücken den Fortschritten des Gewölbebaus. Es dürfte daher genügen, wenn wir auf einzelne besonders bemerkenswerte Brücken des Altertums hier noch besonders hinweisen, wobei sich die Art des Gewölbeschlusses, die Ausführung der Kragung, der Bau über dem Lehrgerüst usw. aus den in den oben genannten Abschnitten bereits gemachten ausführlichen Darstellungen ja ohne weiteres ergibt.

Von den alten griechischen Brücken sind uns nur verhältnismäßig sehr wenige Überreste erhalten, die uns jedoch keinen Einblick in den Stand geben, den die Technik des Brückenbaus zur Zeit ihrer höchsten Entwicklung erreicht hatte. Dagegen zeigten sich die Römer auch auf dem Gebiete des Brückenbaus als Meister. Sie verwendeten zunächst Holzbrücken. Die älteste römische Brücke, der im Jahre 625 v. Chr. errichtete „pons Sublicius," war aus Holz hergestellt. Wie verschiedene Forscher behaupten, soll diese Brücke einen losen Brückenbelag gehabt haben, weil Eisen damals infolge religiöser Vorschriften nicht benutzt werden durfte. Später scheint man sich an diese Vorschriften nicht mehr so genau gehalten zu haben, und man stellte dann massenhaft Brücken her, bei denen die Bohlen mit Eisen befestigt waren.

Die alten Holzbrücken wichen jedoch bald den Steinbrücken, bei deren Herstellung man nach den uns schon bekannten Regeln der Baukunst verfuhr. Die Wölbung

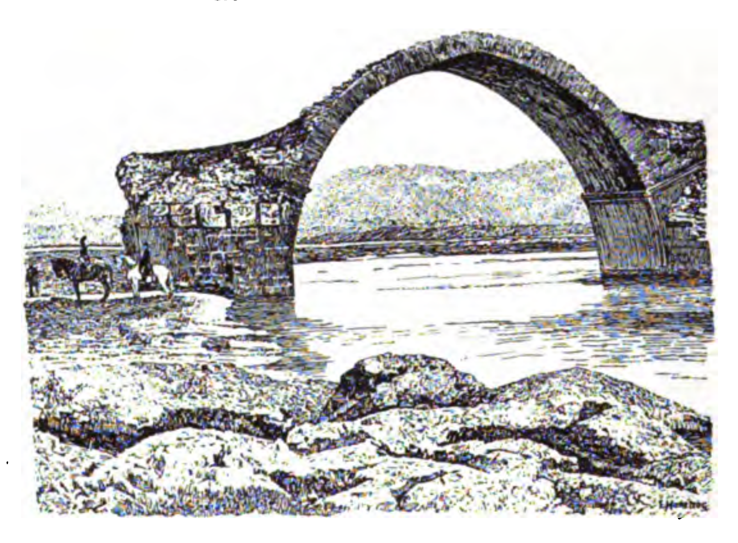


Abb. 631. Mesopotamische Bogenbrücke.
(Nach Art des Gewölbebaus hergestellt.) Alte Tigrisbrücke bei Diezlreh.

wurde über einem Lehrgerüst aufgeführt, die Steine wurden in der bereits ausführlich beschriebenen Weise durch Eisenklammern, die mit Blei eingegossen wurden, miteinander verbunden. Wo Mörtel zur Anwendung kam, verwendete man entweder Gemische von Lava mit Kalkmörtel, oder man benutzte hydraulische Mörtel. So besitzt die Stadt Amalfi am Eingange des Tales von Molini eine alte Brücke wohl aus dem 5. Jahrhundert n. Chr., bei der als Verbindungsmittel natürliche Puzzolanerde verwendet wurde. Die Brücke besteht heute noch und hat sich also trotz des Fehlens aller Eisenklammern fast 1500 Jahre lang erhalten. Ihre Spannweite beträgt 7 m, die Breite 1,50 m und die Höhe über dem Flußbett ungefähr 3 m. Man sieht also, daß die Römer beim Brückenbau alle jene Mittel zur Anwendung brachten, die auch in der übrigen Baukunst Verwendung fanden.

Die alten römischen Brücken zeigen oft erstaunlich hohe Bogenwölbungen, so daß die Fahrbahn durch sie künstlich erhöht wird. Infolgedessen sind schon vorher Anrampungen nötig. Fragen wir uns nach der Ursache dieser eigenartigen Konstruk-



Abb. 632. Altrömische Brücke mit hoher Anrampung und hoher Bogenöffnung (Ponte Salario). (Erbaut 569 n. Chr.)



Abb. 633. Vierbogige altrömische Bogenbrücke mit ungleicher Bogenform u. steiler Anrampung (Ponte Lucano).



Abb. 634. **Pons Aelius** (heutige Engelsbrücke) in Rom. (Erbaut 136 n. Chr.)



Abb. 635. Die Fundamentierung der Engelsbrücke.

Piranesi gibt zwei Flußpfeiler und je zwei volle und einen halben Festlandspfeiler auf jedem Ufer an; ob diese Fundamentierung schon zur Zeit der Erbauung der Brücke bestand, ist neuerdings zweifelhaft geworden, doch handelt es sich nicht um wesentliche Unterschiede gegenüber den Angaben Piranesis, sondern lediglich darum, ob sich nicht an dem an der Engelsburg befindlichen Ufer nur zwei Pfeiler und somit nur zwei Bogen befanden. In den Jahren 1892—1894 wurde die Brücke im Zusammenhang mit der Regulierung des Tiber umgebaut; gegenwärtig sind nur noch die drei mittleren Bogen altrömischen Ursprungs. Das im Bilde oben an den Grundriß der Engelsbrücke sich anschließende, gleichfalls im Grundriß dargestellte Bauwerk ist die Engelsburg, das Grabmal des römischen Kaisers Hadrian (moles Hadriani), in dem alle Kaiser von Hadrian bis Caracalla begraben wurden. Der ansteigende Gang F führt zu der Grabkammer G.

tion, so erkennen wir immer wieder die Tatsache, daß man sehr weite Bogen nicht zu spannen verstand, und daß die Pfeiler deshalb das Flußbett beträchtlich einengen, so daß bei Hochwasser mit einem beträchtlichen Ansteigen der Wassermassen zu rechnen



Abb. 636. Die „Tiberinsel" zu Rom mit den beiden Brücken (Pons Cestius links und Pons Fabricius rechts). — Bemerkenswert am Pons Fabricius die Entlastung des Brückenpfeilers durch eine über dem Fundament befindliche Öffnung.

war. Was man ihnen an Weite nahm, das mußte man, um allzu gefährliche Aufstauungen zu verhüten, an Höhe zugeben. Infolgedessen verlegte man die Brückenbahn möglichst hoch und machte auch möglichst hohe Durchgangsöffnungen. (Abb. 633 bis 636.)

Als eine besonders bemerkenswerte und berühmte Brücke der Römer muß die Brücke bezeichnet werden, mit der Kaiser Trajan im Jahre 104 n. Chr. die Donau jenseits des eisernen Tors überspannte. Die Einzelheiten über den Bau dieser Brücke sind uns leider verloren gegangen, doch kann man aus den Angaben des Dio Cassius annehmen, daß diese berühmte Brücke aus 20 steinernen Strompfeilern bestand. Ihre Höhe soll 50 m betragen haben, die Breite 20 m. Die Pfeiler weisen eine gegenseitige Entfernung von 57 m auf. Zwischen ihnen waren Bogen gespannt. Die Höhe erscheint auf den ersten Blick etwas unwahrscheinlich, sie wird jedoch wahrscheinlicher, wenn wir bedenken, daß es sich allem Anschein nach um eine auf Steinpfeilern errichtete Holzbrücke handelte. Die Darstellung an der Trajanssäule in Rom läßt erkennen, daß nur die Pfeiler aus Stein waren. Auf ihnen erhob sich ein Tragwerk aus Balken, zwischen dem sich Bogen spannten, die allem Anschein nach gleichfalls aus Balken hergestellt waren. Auf diesen Bogen lag die eigentliche Brückenbahn, die zugleich auch auf dem auf den Steinpfeilern errichteten Stützwerk aufruhte. Die Brücke selbst war mit einem Geländer versehen.

Bemerkenswert ist auch die Art und Weise, wie man die Steinpfeiler inmitten der Donau errichtete. Eine Ableitung dieses gewaltigen Flusses war nicht möglich. Man mußte deshalb im Flusse selbst Senkkasten anbringen, über deren Bau nichts Näheres bekannt ist. Jedenfalls aber zeigt sich, daß die Römer derartige Senkkasten verwendeten — eine Tatsache, die sich auch aus den Einzelheiten anderer ihrer Brückenbauten ergibt.



Abb. 637. Modell der römischen Rheinbrücke (Strombogen) bei Mainz. Altertumsmuseum der Stadt Mainz.

So dürften derartige Senkkasten wohl auch bei der Herstellung der bei Mainz errichteten Brücke im stark strömen-

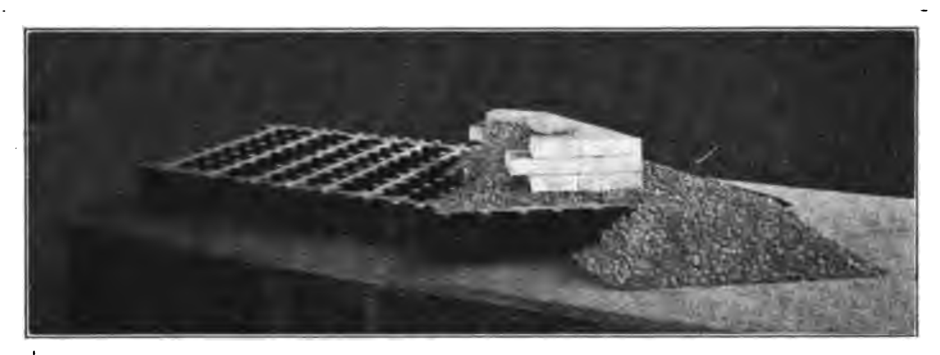


Abb. 638. Modell eines Pfahlrostes mit Steinschüttung und Teile eines gemauerten Strompfeilers der römischen Rheinbrücke bei Mainz. — Altertumsmuseum der Stadt Mainz.
Das Modell zeigt den hohen Stand der Fundamentierung der Pfeiler; allerdings steht nicht fest, wie man im stark strömenden Rhein die Pfahlroste herstellte. (Siehe das im Text über die Donaubrücke des Kaisers Trajan Gesagte.)

den Rhein Verwendung gefunden haben. Wenigstens läßt sich nicht erklären, wie man sonst beim Bau der Pfahlroste und Steinfundamente hätte vorgehen sollen. Auch in bezug auf das auf den Steinpfeilern sich erhebende Balkenstützwerk, das die Brückenbahn trug, dürfte die Rheinbrücke (Abb. 637 und 638) der Trajanischen Donaubrücke, wie sie sich uns auf der Trajanssäule in Rom darstellt, geglichen haben. Ob bei der Donaubrücke Pfahlroste verwendet wurden, ist nicht bekannt, doch nach gewissen Funden nicht unwahrscheinlich. Eine altrömische Darstellung auf einer Bleimedaille (Abb. 639) läßt Einzelheiten der Römerbrücke bei Mainz erkennen, insbesondere die Bogen, Pfeiler, Fundamente, Geländer usw.



Abb. 639. Römische Bleimedaille. Vorne rechts: Die Rheinbrücke bei Mainz. Gefunden in der Saône bei Lyon, aufbewahrt in der Bibliothèque nationale zu Paris. Durchmesser 8—9 cm.



Abb. 640. Die Moselbrücke in Trier in ihrer heutigen Gestalt.

Der Oberbau zeigt Einzelheiten, die auf Holzarchitektur schließen lassen. (Man vergleiche Abb. 637.)

Gut erhalten hat sich die römische Moselbrücke bei Trier (Abb. 640 u. 641), die in ihrer überkommenen Form wahrscheinlich aus der Zeit Kaiser Konstantins des Großen 274—337 n. Chr. stammt. Von den acht Pfeilern sind heute nur noch sieben sichtbar, der achte ist durch angeschwemmtes Land verdeckt. Aber auch von diesen sieben sind nur noch fünf römischen Ursprungs, was sich schon an ihrer dunklen Farbe (Material: Basaltlava) zu erkennen gibt. Die anderen beiden (in Abb. 641, heller gestrichelt) wurden 1689 durch die Franzosen zerstört und dann erneuert. Die Entfernung der Pfeiler beträgt 20 m. Auskragungen an ihrem Oberteil lassen vermuten, daß der ursprüngliche Oberbau gleichfalls aus Holz bestand, doch ist es möglich, daß sie auch zur Aufnahme der Lehrgerüste für die Herstellung der Bogenwölbungen dienten.

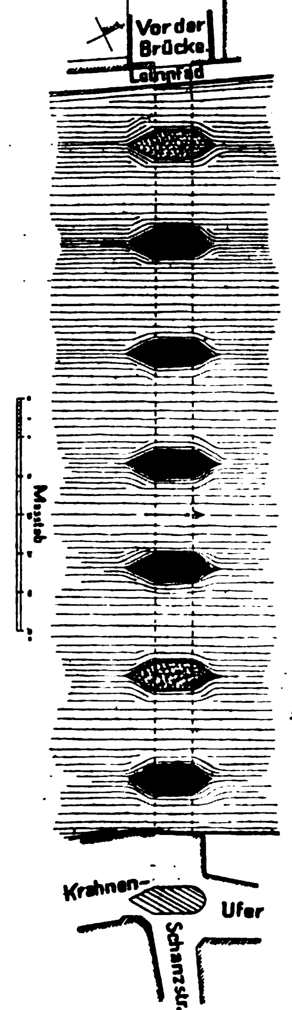


Abb. 641. Grundriß der Moselbrücke in Trier.

Literatur zum Abschnitt: „Straßen und Brücken".

von Alten, Die Bohlwege im Herzogtum Oldenburg.
Becker-Marquardt, Handbuch der römischen Altertümer. Leipzig 1834—1877.
Betonbrücke, eine ehrwürdige. Zement und Beton. 1909, S. 143.
Böcker, Damme als der mutmaßliche Schauplatz der Varusschlacht. Köln 1887.
Cäsar, De bello gallico IV, 16—19.
v. Cohausen, Cäsars Rheinbrücken, philologisch, militärisch und technisch untersucht. Leipzig 1867.
— Der römische Grenzwall in Deutschland. Wiesbaden 1884.
Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.
Curtius, E., Zur Geschichte des Wegebaus bei den Griechen. Berlin 1885.
Daremberg et Saglio, Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines. Paris 1874—1917.
Franziß, Bayern zur Römerzeit. Regensburg 1905.
Friedenstein, Alte Römerstraße und altes Neckarbett. Frankfurter Nachrichten, 14. Oktober 1911.
Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.
Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museums Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.
Haarmann, Das Eisenbahngeleise. 1. Geschichtlicher Teil. Leipzig 1891.
Herodot, Geschichten, I, 1, 184; II, 7, 25.
Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.
Katalog des Reichspostmuseums. Berlin.
Knoke, Die Kriegszüge des Germanikus in Deutschland. Berlin 1887, Nachträge 1889 und 1897.
Lehmann, Die Erschließung der Alpen im Altertum. Vortrag, gehalten im Verein der Saalburgfreunde zu Berlin am 8. Dezember 1905.
Lehmann-Haupt, Die historische Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.
Lehmann-Haupt, Armenien einst und jetzt. Berlin 1910.
v. Lippmann, Der Essig des Hannibal. Chemiker-Zeitung 1913, Nr. 126.
Livius, Buch 21, Kap. 37.
Matschoß, Staat und Technik. Vortrag zur Eröffnung der 52. Versammlung des Vereins Deutscher Ingenieure zu Breslau 12. Juli 1911.
Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.
Meyer, Die römischen Alpenstraßen. Mitt. der antiquar. Gesellsch. in Zürich, Bd. 13.
Neuburger, Der Essig des Hannibal. Chemiker-Zeitung 1913, Nr. 118 und Nr. 126.
Nissen, Pompejanische Studien zur Städtekunde des Altertums. Leipzig 1877.
Nivellierinstrument, Über ein, und Tunnelbau im Altertum. Welt der Technik 1904, S. 173.
Noack, Die Baukunst des Altertums. Berlin.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Quilling, Die Ausgrabungen des Vereins für das historische Museum zu Frankfurt auf dem christlichen Heddernheimer Friedhofe im Winter 1891/92 und Sommer 1892. Mitt. über römische Funde in Heddernheim im I. Frankfurt a. M. 1894.
Ramsauer, Die Alpenkunde im Altertum. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins. 32. 1901.
Ranke, Erinnerungen an die vorgeschichtlichen Bewohner der Ostalpen. Zeitschr. des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins. 30. 1899.
Reber, Des Vitruvius Zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.
— Geschichte der Baukunst im Altertum. Leipzig 1876.
Reuleaux, Der Weltverkehr und seine Mittel. Leipzig 1889.
Römische Bohlwege im Herzogtum Oldenburg. Erläuterungen zu dem seitens

der Verwaltung des Landes-Kulturfonds ausgestellten Bohlwege. Oldenburg.
Scheffel, Die Brennerstraße zur Römerzeit. Berlin 1911.
Schelenz, Felssprengen mittelst Feuer und Essig bei den Alten. Zeitschr. für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen 1909. Sonderabdruck.
Schmidt, Aus der antiken Mechanik. Leipzig 1904.
— Geschichte des Welthandels. Leipzig 1906.
Schneider, Die alten Heer- und Handelswege der Germanen, Römer und Franken im Deutschen Reiche. Düsseldorf 1882—1890.
Schuchardt, Die vermeintlichen Varusschlachthügel im Arnsberger Walde. Tägliche Rundschau, 4. Dezember 1912.
Schulze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.
Schweiger-Lerchenfeld, Das neue Buch von der Weltpost. Wien.
Spenser Wilkinson, Hannibals March through the Alps. Oxford 1911.
Streiter, Riesenbrücken aus alter und neuer Zeit. Die Burg. 1911, S. 553.
Tacitus, Annalen.
Techniker, Der, im Altertum. Welt der Technik 1910, S. 143.
Trajansbrücke über die Donau. Prometheus 1898, S. 575.
Wiedemann, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik bei den Arabern. Sitzungsberichte der phys.-med. Sozietät in Erlangen 1906, Band 38.
Wolff, Bericht über die Arbeiten der Ausgrabungskommission in den Jahren 1903 bis 1906. Mitt. über Römische Funde in Heddernheim. IV. Frankfurt a. M. 1907.
— Die Aufdeckung eines Römerkastells zu Marköbel bei Hanau. Didaskalia 1884, Nr. 249.
— Die römische Straße von Heddernheim nach Nied und das Heidenschloß. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. III. Frankfurt a. M. 1900.
— Römerstraßen am Main. Didaskalia 1884, Nr. 171.
Woyte, Antike Quellen zur Geschichte der Germanen. II. Voigtländers Quellenbücher, Band 52.

Schiffe und Schiffbau.

Die ältesten Schiffsformen. Schiffe des Orients.

Das Schiff soll sich einer durch keinerlei Tatsachen bewiesenen Annahme zufolge aus dem auf dem Wasser treibenden Baumstamm entwickelt haben. Eine andere Sage sieht in dem kleinen Schalentier Nautilus das Vorbild für die ältesten Schiffe. Solche Unterlagen sind zu dürftig, um uns irgendwelchen Aufschluß über die frühesten Schiffsformen zu geben. Diese treten uns — und zwar bereits auf einer ziemlich hohen Stufe der Vollendung — bei den mesopotamischen Völkern sowohl wie bei den Ägyptern entgegen. Verschiedene Funde aus vorgeschichtlicher Zeit wie z. B. Einbäume lassen uns einzelne Stufen der vorangegangenen Entwicklung erkennen, sie sind jedoch nicht geeignet, ein zusammenhängendes Bild von ihr zu geben. Die mesopotamischen Mittel des Wasserverkehrs lassen nun sehr genau zwei Grundformen unterscheiden: eine floßähnliche und eine bootsähnliche. Die floßähnliche ist der auch heute noch im Gebrauch stehende „Kelek", der uns bereits auf altassyrischen Darstellungen, wie z. B. auf einer im Britischen Museum enthaltenen Reliefplatte entgegentritt. (Abb. 642.) Die Herstellung des Kelek geschieht nach den Forschungen von Lehmann-Haupt auch jetzt noch in der gleichen Weise, wie sie wohl damals erfolgte. Aufgeblasene Hammelhäute, sogenannte „Burdjuks", werden unter einem Gerüst, das bei kleineren Keleks aus Weidenruten und sonstigem biegsamen Material



Abb. 642. Assyrischer Kelek und (dahinter) Mann auf Schwimmschlauch.
Auch auf dem Boot (Rundboot?) am Ufer (rechts) liegt ein Schwimmschlauch, der unten scheinbar die Bänder zeigt, die vielleicht dazu dienten, ihn — ähnlich unseren Schwimmgürteln — am Leibe festzubinden.
Relief aus Ninive.

besteht, angebracht. (Abb. 643.) Darauf kommt eine Schicht von Brettern. Auf diese wird Stroh, Schilf oder Moos gelegt, und damit ist dann das Fahrzeug fertig, das sowohl Personen wie Lasten trägt. Für große Transporte werden Kelefs hergestellt, die oft aus 2300 derartig aufgeblasenen Hammelhäuten zusammengesetzt sind. Die Tragfähigkeit ist, wie vor allem der große Stratege Moltke bei

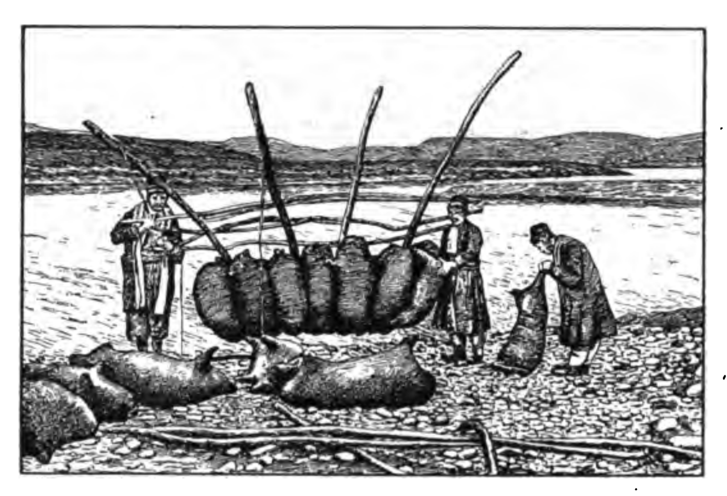


Abb. 643. Herstellung von Kelefs aus „Burdjuks".

seinen Reisen erprobte, eine große. Dann gewähren die Kelefs aber noch den Vorteil, daß sie auf Gebirgsströmen von ungleichmäßiger Tiefe und wechselnder Stromgeschwindigkeit ihre Insassen glücklich durch alle Stromschnellen hindurchtragen, wobei diese allerdings tüchtig herumgewirbelt, ständig gedreht und auch kräftig benäßt werden. Das einzelne Burdjuk war, wie die erwähnten assyrischen Darstellungen, sowie babylonische aus dem 9. Jahrhundert v. Chr. zeigen, aber auch als Schwimmschlauch für einzelne Personen im Gebrauch. Zu diesem Zwecke wurde die Hammelhaut zusammengenäht und unter dem Leibe festgeschnallt. Ein Mundstück scheint die Möglichkeit gegeben zu haben, durch Hineinblasen während des Schwimmens aus dem Schlauch entwichene Luft zu ersetzen. (Abb. 642 u. 645 S. 484.) Dieser mesopotamische Schwimmschlauch stellt einen Vorläufer des aus Kork hergestellten Schwimmgürtels dar, der den Römern bereits bekannt war. Camillus sandte im Jahre 390 v. Chr. einen Boten zum Kapitol, der den Tiber auf Kork durchschwamm.

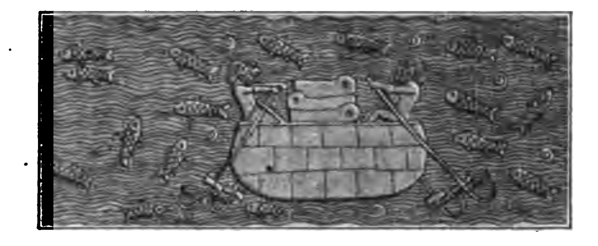


Abb. 644. Assyrisches Rundschiff. Relief aus Ninive.

Neben den Kelefs besaßen die Assyrer aber auch Rundschiffe, deren Rumpf aus Tierhäuten bestand, die über ein Holzgestell oder Rohrgeflecht gespannt wurden. Solche

Rundschiffe dienten sowohl zum Transport wie für Kriegszwecke. (Abb. 644 u. 645.) Auf ihnen hat z. B. Salmanassar III. (782—772 v. Chr.) gegen die Umwohner des Urmiasees gekämpft. Herodot bezeichnet diese Rundschiffe als das größte Wunder, das ihm im Zweistromlande begegnet sei, und seine genaue Beschreibung ihrer Herstellung läßt keinen Zweifel darüber, daß er sie aus eigener Anschauung kennt. Er berichtet (I 194): „Was mich aber die größte Merkwürdigkeit dünkt in dem Lande nächst der Stadt selber, versteht sich, das will ich gleich erzählen. Ich meine ihre Fahrzeuge, auf welchen sie den Fluß hinunter nach Babylon fahren; dieselben sind rund und alle



Abb. 645. Assyrisches Rundschiff von längerer Form als Kriegsschiff.
Die Fortbewegung geschieht durch Treideln (die beiden Männer vorne rechts) und Rudern. Das Schiff ist mit Steuereinrichtung versehen. Oben in der Mitte ein Mann mit Schwimmschlauch.
Relief am Palast des Sanherib zu Ninive aus dem 7. oder Ende des 8. Jahrh. v. Chr.

von Leder. Nämlich in der Armenier Lande, das oberhalb Assyriens liegt, schneiden sie Weiden ab und machen daraus des Schiffes Bauch, und darüber spannen sie Felle aus zur Decke wie ein Estrich, aber Schnabel und Spiegel machen sie nicht daran, sondern alles ist rund wie ein Schild. Sodann füllen sie dieses ganze Fahrzeug mit Stroh an und bringen ihre Ladung hinein, und dann geht es den Fluß hinunter. Meist haben sie Fässer mit Palmwein geladen. Gelenkt wird es durch zwei Ruder und zwei Männer, die stehen aufrecht, und der eine zieht an, der andere aber stößt ab. Dergleichen Fahrzeuge machen sie von verschiedener Größe; die allergrößten tragen wohl eine Last von 5000 Pfund. Auf einem jeden ist ein lebendiger Esel, auf den größeren wohl mehr als einer. Wenn sie nun auf ihrer Fahrt nach Babylon gekommen und ihre Ware los sind, so bieten sie auch des Schiffes Bauch und alles Stroh feil, die Felle aber packen sie auf die Esel, und so treiben sie heim nach Armenien. Denn den Fluß hinauf kann man durchaus nicht fahren, weil er so reißend ist, und eben deswegen machen sie auch ihre Fahrzeuge nicht aus Holz, sondern von Leder. Sind sie nun mit ihren Eseln in Armenien angelangt, so machen sie sich andere Fahrzeuge auf dieselbe Weise. Also sind ihre Fahrzeuge beschaffen."

Mit Rundschiffen befuhren auch die Phönizier, denen das Verdienst gebührt, zuerst weite Seereisen unternommen zu haben, die Wasserstraßen. Bereits im Jahre 3000 v. Chr. soll von ihnen die Fischerstadt Sidon gegründet worden sein, die durch ihre Lage auf die Seefahrt angewiesen war, und deren Bevölkerung so rasch wuchs, daß ihre Bewohner schon im Jahre 2760 v. Chr. die Tochterstadt Tyrus

gründeten, der wiederum als Tochterstadt 1160 v. Chr. Gades, das heutige Cadix folgte, ein Beweis, wie große Entfernungen zu schon so früher Zeit ihre Schiffe zurücklegten. (Breusing.) Von Gades aus segelten die phönizischen Schiffe dann bis an die Küsten der Nord- und Ostsee, um von dort das Zinn und den Bernstein zu holen. Die Schiffe, die die Phönizier benutzten, hatten im Anfange wohl gleichfalls die Rundform, die uns auf den altassyrischen Darstellungen entgegentritt. Sie hießen deshalb auch γαῦλοι (gauli), eine Bezeichnung, die sich von dem eine ähnliche Form aufweisenden und ebenso benannten Melkeimer herleitet. Die „gauli" der Phönizier dienten zunächst wohl nur als Last- und Frachtschiffe, dann aber auch als Kriegsschiffe. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sie als solche zuerst mit dem zum Rammen dienenden Sporn versehen wurden, der ums Jahr 700 v. Chr. bereits erwähnt und dann von den Griechen übernommen wird, die ihn zum ersten Male in der Seeschlacht von Kyrnos (Korsika) im Jahre 536 v. Chr. verwendeten. Vielleicht waren die phönizischen Gauli auch die ersten Schiffe, die die durch mancherlei Eigenart gekennzeichnete Segeleinrichtung erhielten. Ihre Segeleinrichtung hatte eine feste d. h. nicht niederlegbare Raa, also eine wagerecht am Mast angebrachte Segelstange, an der das Hauptsegel befestigt war. Der Segelbaum, die wagerechte Stange am unteren Rande des Segels, fehlte. An beiden Seiten des Hecks befand sich je ein Steuerruder. In dem Maße wie die Seefahrten der Phönizier länger und weiter wurden, nimmt die Größe der Schiffe, die Zahl ihrer Ruderer und die Abmessung ihrer Takelage zu. Wir werden sehen, daß sich einzelne dieser Eigentümlichkeiten der phönizischen Schiffe auch an den Schiffen anderer Völker des Altertums, insbesondere aber an den ägyptischen und griechischen wiederfinden. Bekanntlich berichtet ja die griechische Sage von der Kultur, die von Kadmus aus Phönizien her überliefert wurde: Während er wandert, um in Europa seine von Zeus geraubte Schwester aufzufinden, gründet er eine Anzahl griechischer Städte, die er mit phönizischen Kultureinrichtungen ausstattet.

Die Schiffe der Ägypter.

Die Ägypter betrieben ihren Handel hauptsächlich auf dem Lande. Ihre Schiffahrt beschränkte sich auf den Nil und vielleicht auch noch auf das Rote Meer. Einzelne Fahrten wie z. B. die von der Königin Hathsopsitu um 1650 v. Chr. ausgerüstete Expedition von fünf Schiffen nach dem Puntlande, das wohl irgendwo an der Somaliküste zu suchen sein dürfte, sind als besondere Abenteuer aufzufassen. Trotz dieser geringen Ausdehnung ihrer Schiffahrt, haben die Ägypter in bezug auf Bau und Ausrüstung der Schiffe von den Phöniziern so manches gelernt. Außerdem aber paßten sie ihre auf der so viel belebten Wasserstraße des Nils verkehrenden Schiffe den mannigfachsten Bedürfnissen an, so daß die verschiedenartigsten Schiffstypen, von der Lustjacht und dem Trauerschiff angefangen bis zum schweren Kauffahrteischiff entstehen, über die wir durch zahlreiche Darstellungen aufs eingehendste unterrichtet sind.

Über die Art und Weise, wie die ägyptischen Schiffe gebaut wurden, berichtet zunächst Herodot (II 96): „Ihre Schiffe, darauf sie ihre Lasten fahren, machen sie aus einem Dorn, der beinahe ebenso aussieht wie der Lotos in Kyrene, und es schwitzt Gummi daraus hervor. Aus diesem Dorn hauen sie Stäbe von ungefähr zwei Ellen und reihen sie wie Ziegel aneinander, und dann bauen sie das Schiff auf folgende Art: Sie befestigen die zwei Ellen langen Stäbe um dichte und lange Pflöcke. Wenn

sie auf diese Art das Fahrzeug gebaut, legen sie Querbalken darüber her, Rippen aber brauchen sie gar nicht. Und inwendig verstopfen sie die Fugen mit Byblos (Byblos = griechische Bezeichnung der Papyrusstaude). Dann machen sie ein Steuer, das geht unten durch den Kiel. Auch der Mast ist von Dorn, und die Segel sind von Byblos. Diese Fahrzeuge können nicht stromauf fahren, wenn nicht ein frischer Wind geht, sondern werden vom Lande gezogen. Stromab aber geht es also: Sie haben eine Hürde, die ist von Genst gemacht und mit Rohr geflochten, und einen Stein, da ist ein Loch durch und ungefähr zwei Pfund schwer. Die Hürde nun bindet man an ein Tau und läßt sie ins Wasser vorn am Schiff, und den Stein hinten an ein anderes Tau. Wenn nun der Strom die Hürde faßt, so geht sie schnell und zieht die Baris (so heißt nämlich diese Art von Fahrzeugen), der Stein aber, der hinten im Grunde nachschleppt, lenkt den Lauf. Solche Fahrzeuge haben sie sehr viele, und einige tragen viele tausend Pfund." Dieser Bericht des Herodot scheint im allgemeinen richtig zu sein, nur läßt sich zweifeln, ob die von ihm angegebene Tragfähigkeit der altägyptischen Lastschiffe nicht zu hoch gegriffen ist. Da ein „Talent" (Pfund) 26,2 kg entspricht, so hätten wir es hier mit Schiffen zu tun, die gewaltige Tonnenladungen (1 Tonne gleich 1000 kg) trugen. Es erscheint, insbesondere wenn man die heutigen Nilschiffe und auch die alten Abbildungen in Betracht zieht, nicht sehr wahrscheinlich, daß die altägyptischen Schiffe derartige Lasten aufzunehmen vermochten. Außerdem aber scheint die von Herodot gegebene Darstellung des Schiffbaues nicht das einzige in Ägypten übliche Verfahren gewesen zu sein. Kleinere Boote, wie sie z. B. zum Fischfange benutzt wurden, stellte man, wie uns die erhaltenen Reliefs — vor allem eines im Berliner Museum — erkennen lassen, in einfachster Weise durch Zusammenbinden von Lotosstengeln her. Aus Wandgemälden geht des weiteren hervor, daß man zur Anfertigung solcher Boote auch Papyrus benutzte, dessen Stengel man mit Papyrusbändern zusammenband. Die Angabe des Plinius (VI 22), daß derartige Papyrusboote über das Meer bis zur Insel Taprobane (Ceylon) fuhren, beruht wohl auf einem Irrtum, der dadurch entstand, daß die Segel der ägyptischen Schiffe zuweilen aus Papyrus hergestellt wurden. Aber auch dies geschah verhältnismäßig selten. Nur einzelne Darstellungen von Nilbooten wie z. B. auf einem Wandgemälde zu Kom el Ahmar lassen die Vermutung zu, daß hier ein Papyrussegel vorliegt, das aus einzelnen Bahnen derart zusammengesetzt ist, daß es durch Falten nach diesen Bahnen gerefft und zusammengelegt werden kann. Für gewöhnlich bestanden die ägyptischen Segel aus Leinen oder anderem Stoffe. Sie wurden vielfach bemalt und bildeten einen wichtigen Handelsartikel, den insbesondere die Phönizier in großen Massen bezogen. „Dein Segel war von gestickter köstlicher Leinwand aus Ägypten" (Hesekiel 27, 7). Außerdem benutzte man in Ägypten noch aus Palmblättern hergestellte Matten als Segel. Ihre Herstellung geht aus den Wandgemälden von Theben und Beni-Hassan mit allen Einzelheiten hervor, zeigt jedoch nichts, was nicht schon in dem Abschnitt über die Herstellung von Geweben eingehend dargelegt wäre. Im übrigen ist zu der obigen Darstellung des Herodot vom altägyptischen Schiffbau noch hinzuzufügen, daß große Lastschiffe auch in der jetzt noch gebräuchlichen Weise aus Holzplanken angefertigt wurden, die man mit Hilfe von Sägen herstellte. Sie wurden dann mit Nägeln zusammengenagelt. (Abb. 646 S. 487.)

Die Segelboote hatten am Heck entweder ein oder zwei Ruder, die als Steuer dienten. Sie waren auf Pfosten aufgelegt oder an ihnen mit Stricken befestigt, so daß sie leicht bewegt werden konnten. Oft lagen sie auch in einem am Heck angebrachten tiefen Einschnitte. Sowohl auf dem Steuerruder sowie den Außenbords war gewöhnlich

ein Auge angemalt (Abb. 648), dessen symbolische Bedeutung — Schutz vor Unglück — ja bekannt ist. Der im Anfang einfache Mast wird später zu einem Doppelmast.

Die Gestalt der ägyptischen Schiffe wechselte je nach dem Zwecke, dem sie dienen sollten, in der mannigfachsten Weise, ebenso wie auch die Bezeichnungen bei den verschiedenen Schriftstellern des Altertums je nach dem Verwendungszwecke sehr verschiedene sind. Die größeren Boote hatten alle Kabinen, ganz gleich ob sie Luxuszwecken dienten, oder ob sie zur Herbeischaffung von Marktware verwendet wurden. Aber auch bei kleinen Booten, die getreidelt wurden, finden wir die Kabine. Sie wird bei manchen Lastbooten so groß, daß man sie als Viehstall benutzt, in dem Viehladungen verfrachtet werden. Eine besondere Einrichtung, die wir im Altertume vielfach finden, ist das vom Vordersteven bis zum Heck über die ganze Länge des Bootes gespannte, sogar über die Kabine hinweggehende Seil, das den Zweck hat, das Durchbrechen des Bootes in der Mitte zu verhindern. (Abb. 650 u. 651 S. 488 u. 489, siehe auch S. 501.) Durch dieses Seil wird gewissermaßen eine Auflage geschaffen, in der der Kiel ruht. (Siehe S. 501/502.) Die Segel konnten auf dem Nil nur bei günstigem Winde Verwendung finden. Brauchte man sie nicht, so war es bequem den Mast umzulegen (Abb. 649 S. 488). Darstellungen aus Eileithyia zeigen uns in der Tat, daß manche ägyptische Schiffe auch mit einem umlegbaren Mast ausgestattet waren. Am unteren Ende dieses umlegbaren Mastes auf dem Wandgemälde eines Grabes zu Eileithyia



Abb. 646. Bau eines Schiffes in Ägypten.

Der Schiffskörper ist vorne und hinten durch untergestemmte Balken gestützt. Links ein Aufseher. Die Arbeiter arbeiten (von links nach rechts) mit dem Dexel (siehe S. 74), Glätter (?), Beil, Meisel und Holzschlägel.



Abb. 647. Typen ägyptischer Schiffe: Einfaches Nilboot eines Fischers im Lotosdickicht.

Kalksteinrelief am Türpfosten eines Grabes. Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.



Abb. 648. Typen ägyptischer Schiffe: Totenschiff (bemalt).

In der Mitte ein von 6 Holzsäulen getragener Baldachin, darunter ein Ruhebett. Um den Baldachin hocken an den Ecken die 4 Osiris-Söhne, am Fußende des Toten steht Isis, am Kopfende Nephthis. Am Außenbord das „Schutzauge", ebenso an den beiden auf Pfosten befindlichen Steuerrudern. Die Form des Schiffes entspricht genau der von Abb. 646. — Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

ist noch ein Rad zu erkennen, das man früher vielfach als Vorrichtung zum Aufwinden der Segel oder zum Niederlegen des Mastes gedeutet hat. Genaue Forschungen haben



Abb. 649. Typen ägyptischer Schiffe: Ruderschiff mit einmastiger Segeleinrichtung (aus Gurnah). Schiff außenbords ebenso wie das einfache Steuerruder bemalt. Dieses ist auf hohem Pfosten befestigt und wird durch eine senkrecht herabgeführte Lenkstange (Pinne) bewegt. Der Mast ist umgeklappt, auf ihm liegt die aus zwei Hälften bestehende und in diese zerlegte Raa.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

jedoch ergeben, daß es zu einem Streitwagen gehört, der auf dem Dache der Kabine verfrachtet ist. Auch die Pferde, die ihn ziehen sollen, sind in das große Schiff einge-

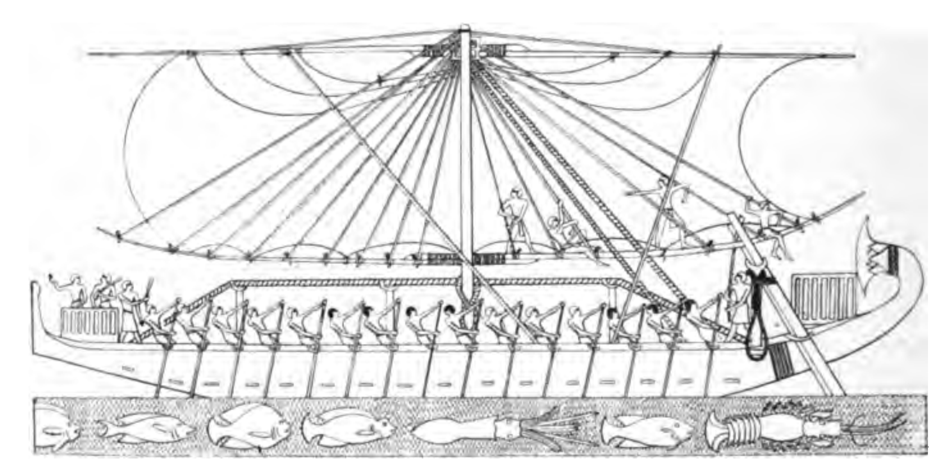


Abb. 650. Typen ägyptischer Schiffe: Großes Ruder- und Segelschiff.
Über die ganze Länge des Schiffes ist ein auch um den Mast geschlungenes Seil gespannt. Raa am Mast zusammengesetzt, durch schief und scheinbar auf der Bordwand aufstehende lange Stäbe (rechts und links) gestützt, sowie, wie Teile des Tauwerks vermuten lassen, zum Auf- und Niederziehen eingerichtet. Zusammengesetzter Segelbaum. Ruderer stehend und „pullend“. Ruder in Ringen. Am Stern eine Art „Brücke“ und Aufseher oder Befehlshaber mit Geisel. Am Heck zweite (leere) Brücke, Steuerruder auf Pfosten und Steuermann mit senkrecht herabgeführter Steuerpinne. Hinter ihm große Seilschlaufe zum Festhalten des Steuers oder Befestigen des Schiffes am Bollwerk (letzteres nach der Darstellung Abb. 651 weniger wahrscheinlich, da hier bei den doch sicherlich fest liegenden Schiffen diese Schlaufe herabhängt).

laden. Die Segel scheinen durchweg rechteckige Form gehabt zu haben. Ob im alten Ägypten schon lateinische, also dreieckige Segel gebraucht wurden, erscheint zweifelhaft. Die Raaen waren, wenn sehr breite Segel gebraucht wurden, am Mast

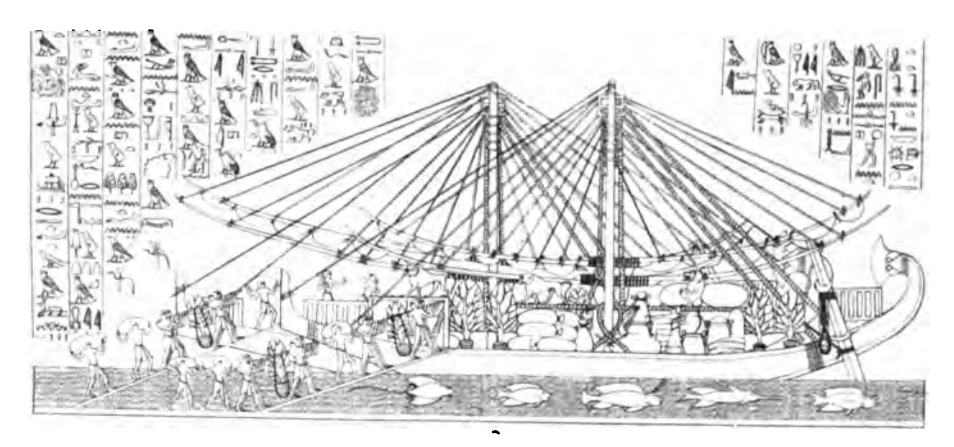


Abb. 651. Typen ägyptischer Schiffe: Zwei große Lastschiffe während des Beladens.
Die Segel sind vollständig entfernt, die Raaen herabgelassen, unter ihnen sogenannte „Pferde", also Taue, auf denen die Mannschaft während der Segelbedienung steht. Im übrigen entspricht die Einrichtung der auf Abb. 650.

zusammengesetzt, was durch Verbinden ihrer beiden Hälften mit Stricken geschah. (Abb. 650 u. 651.) Außerdem befand sich unten am Segel ein Segelbaum. (Abb. 650 u. 651.) Die Raaen waren bei manchen Schiffen zum Auf- und Niederziehen eingerichtet. Die Ruder (Riemen) der ägyptischen Schiffe hatten einen langen runden Holzschaft, an dem unten das flache ovale oder runde Ruderblatt befestigt war. (Abb. 649 S. 488.) Sie wurden entweder durch Dollen (Ruderpflöcke) oder durch Ringe, die an der oberen Bordwand befestigt waren, und die zugleich als Drehpunkt für den Ruderhebel dienten, in ihrer Stellung fixiert. (Abb. 652.) Die Ruderer standen entweder, oder sie knieten, oder aber sie saßen auf Ruderbänken bzw. niedrigen Sitzen. (Abb. 649.) Das Boot selbst wurde mit Hilfe der Ruder entweder vorwärtsgestoßen oder nach



Abb. 652. Ruderbefestigung an ägyptischen Schiffen mit Hilfe von Ringen, Ruderer stehend.
Bruchstück aus einem Kalksteinrelief zu Derel Bahri. Höhe 20 cm, Breite 21,5 cm.
(Ein Mann ist im Relief nicht vorgearbeitet, sondern nur gemalt.)
Berlin, Ägyptisches Museum, Ägyptische Abteilung.

der dem Antlitz der Ruderer entgegengesetzten Seite bewegt, „gepullt“. Die Zahl der Ruder ist oft eine sehr große. Merkwürdig ist, daß vorn am Stern fast stets ein mit einem Stabe bewaffneter Mann steht, der scheinbar das Kommando führt. Manchmal ist für ihn ein besonderer Aufbau, also eine sogenannte „Brücke“ angebracht. (Abb. 650 S. 488.) Eine besondere Ausstattung zeigten natürlich die Kriegsschiffe, die unter einzelnen ägyptischen Königen, wie z. B. unter Ramses dem Großen (1392—1326 v. Chr.), in großer Zahl gebaut wurden. Unter ihm bestand die Flotte des Roten Meeres aus 400 Schiffen, die Tausende von Kriegern aufzunehmen vermochten, und die angeblich bis Indien gekommen sein soll, während die Mittelmeerflotte bis Phönizien vordrang. Das altägyptische Kriegsschiff hatte den auf uns gekommenen Darstellungen zufolge einen erhöhten Vorbau, auf dem Bogenschützen standen. Ein ähnlicher Aufbau befand sich hinten und diente gleichfalls zur Aufnahme von Bogenschützen sowie des Steuermanns. Die Ruderer waren durch eine besondere Schanzverkleidung vor den feindlichen Geschossen geschützt. Auf dem Maste war ein Mastkorb angebracht, von wo aus Schleuderer Steine gegen die Feinde schleuderten.

Ob die Ägypter den Anker gekannt haben, erscheint zweifelhaft. Auf einer uns erhaltenen Darstellung eines Lastschiffes in den Königsgräbern von Theben erkennen wir, daß man die Lastschiffe mit Hilfe von Stricken am Bollwerk festmachte, die um Haken geschlungen wurden. Derartige Haken scheinen an den Anlegestellen in ähnlicher Weise in größerer Anzahl vorhanden gewesen zu sein wie bei uns die zum Befestigen der anlegenden Schiffe dienenden Ringe.

Griechische und römische Schiffe. Das „Mittelmeerschiff“.

Die griechische Schiffahrt entwickelte sich, wie schon erwähnt, aus der phönizischen. Deshalb weisen die griechischen Schiffe so manche Eigenart auf, die wir auch an den phönizischen finden. Bei den engen Beziehungen zwischen griechischem und römischem Handel kann es nicht ausbleiben, daß auch das römische Schiff mit Merkmalen ausgestattet ist, die auf phönizische Herkunft zurückzuführen sind. So ergibt sich in den Mittelmeerländern ein ziemlich einheitlicher Schiffstypus, der durch die Einfachheit und Gleichartigkeit der zum Schiffsbau verwendeten Materialien, Anlagen, Handwerkszeuge usw. usw. noch mehr gefördert wird.

Die Herstellung der Schiffe geschah auf einem besonderen Bauplatz, auf dem ein Unterbau aus Pfahlwerk errichtet wurde, die auch jetzt noch gebräuchliche „Helling“ (ὁλκός). Auf dieser Helling wurde das Schiff gezimmert. Um es ablaufen lassen zu können, war sie gegen die Wasserfläche zu geneigt und länger gebaut, als es zur Aufnahme des Schiffsrumpfes nötig war. Ob mit den Hellingen ein Dock verbunden war, erscheint zweifelhaft. Im allgemeinen dockte man die auszubessernden Schiffe ja nicht. Da man sie aber, wenn sie nicht gebraucht wurden, mit Vorliebe auf das Land zog und in Schuppen unterbrachte, in denen dann wahrscheinlich auch die Reparaturen vorgenommen wurden, so kann man diese Schuppen ja schließlich auch als Docks auffassen. Um das Riesenschiff „Alexandreia“ (s. unten) aufs Trockene zu schaffen, soll eine Art von Trockendock hergestellt worden sein, ein Bassin, das gegen das Meer durch einen Damm abgeschlossen wurde. Man fuhr das Schiff hinein und pumpte das Bassin aus. Das — jedenfalls durch seitliche Stützen gehaltene — Schiff lag dann auf dem Trockenen. Das Aufbewahren in Schuppen erwies sich

deshalb als nötig, weil die Schiffe, von wenigen Ausnahmen abgesehen, keine durchgehenden Decks hatten. Außerdem war ihre Außenwand in der Regel in keiner Weise geschützt. Den heute verwendeten Kupferbeschlag kannte man noch nicht. Nur in ganz vereinzelten Fällen, wie z. B. an dem 264 v. Chr. erbauten Riesenschiff „Alexandreia", war ein Beschlag aus Bleiplatten angenagelt. Infolgedessen entstanden an der Außenwand, wenn das Schiff im Wasser lag, rasch dicke Krusten, und es siedelten sich Bohrwürmer an. Innen aber blieb das Regenwasser stehen und mußte ausgeschöpft werden. Durch die Feuchtigkeit geriet das Holz rasch in Fäulnis. Alle diese Umstände machten es ratsam, die Schiffe nicht im Wasser zu belassen, sondern sie in geschützten Schuppen unterzubringen, die schon zu Homers Zeiten in Gebrauch gewesen sein dürften, wenigstens sind bei ihm die Gestelle erwähnt, auf denen die Schiffe der Phäaken ruhten (Odyssee VI 265). Auch sonst suchte man schon bei der Anlage der Werften darauf hinzuwirken, den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Schiffe möglichst auszuschließen. Vitruv (V 12, 7) gibt an, daß die Werften nach Norden gelegen sein sollen, weil bei südlicher Lage das Holz infolge der Hitze in viel höherem Grade der Fäulnis, dem Wurmfraß und sonstigen schädlichen Einflüssen unterliege. Der Feuersgefahr wegen soll man aber die Gebäude der Schiffszimmerplätze unter Verwendung von möglichst wenig Holz herstellen.

Die Hauptarbeit auf diesen Werften oblag dem Schiffszimmermann, neben dem aber auch noch Seiler, Segelmacher, Maler, Schmiede, Lederarbeiter usw. in Tätigkeit waren. Als Rohmaterial für den Schiffsbau dienten die verschiedenartigsten Hölzer, die man teils in feuchterem, teils in möglichst ausgetrocknetem Zustande verwendete. Feuchtes Holz nahm man für die gebogenen Schiffsteile, also für Rippen und Planken, trockenes hingegen überall da, wo die Einzelteile durch Leimen verbunden werden mußten. Für Rumpf und Kiel waren hauptsächlich die Weißtanne, die Kiefer, die Steineiche und die schwarze Akazie beliebt. Die Esche diente für die Innenteile und die Kranbalken. Die Planken stellte man aus Linden- und Rotbuchenholz her, das, wie Theophrast angibt (H. ql. V 4, 4) die wertvolle Eigenschaft hatte, im Wasser nicht zu faulen. Masten und Raaen machte man aus Tannenholz, die Ruder, mit Vorliebe aus dem Holze der Oliven und Pinien. Außer diesen Forschungen über das zum Schiffbau verwendete Material verdanken wir Blümner noch weitere über die Tätigkeit des Schiffszimmermanns.

Das Handwerkszeug des Schiffszimmermanns glich dem heutigen. Er handhabte die Breitaxt sowohl wie die Doppelaxt und arbeitete mit Winkelmaß, Richtschnur und Bleilot. Außerdem gehörten zu seinem Handwerkszeuge der Bohrer und der Hobel. Zum Zusammenhalten der einzelnen Schiffsteile dienten Nägel, die aus Eisen oder Bronze hergestellt waren, ferner Keile, Schrauben, Klammern, Bänder und endlich auch Leim. Eine anschauliche Schilderung der Arbeit beim Schiffsbau gibt uns Homer (Odyssee V, 243 ff.):

„Und er fällte die Bäum, und vollendete hurtig die Arbeit.
Zwanzig stürzt' er in allem, umhaute mit eherner Axt sie,
Schlichtete sie mit dem Beil und nach dem Maße der Richtschnur.
Jetzo brachte sie Bohrer, die hehre Göttin Kalypso.
Und er bohrte die Balken und fügte sie wohl aneinander
Und verband nun den Floß mit ehernen Nägeln und Klammern.
Von der Größe, wie etwa ein kluger Meister im Schiffbau
Zimmern würde den Boden des breiten geräumigen Lastschiffs,
Baute den breiten Floß der erfindungsreiche Odysseus.

Nun umstellt' er ihn dicht mit Pfählen, heftete Bohlen
Ringsherum und schloß das Verdeck mit langen Brettern.
Drinnen erhob er den Mast, von der Segelstange durchkreuzet,
Endlich zimmert' er sich ein Steuer, die Fahrt zu lenken.
Beide Seiten des Floßes beschirmt' er mit weidenen Flechten
Gegen die rollende Flut und füllte den Boden mit Ballast.
Jetzo brachte sie Tücher, die hehre Göttin Kalypso,
Segel davon zu schneiden; auch diese breitet' er künstlich,
Band die Taue des Mastes und segelwendenden Seile,
Wälzte darauf mit Hebeln den Floß in die heilige Meersflut."

Der Schiffbau und die Einrichtung der Schiffe bei Griechen und Römern.

Der Bau des Schiffes begann mit der Kiellegung. Der Kiel (ἡ τρόπις) hatte die Gestalt eines vierkantigen Balkens. Er wurde bei Handelsschiffen aus Fichtenholz, bei Kriegsschiffen hingegen, da sie stärkeren Stößen widerstehen mußten, aus Eichenholz hergestellt (Theophrast H. pl. V 8). Aber auch dieser Eichenkiel genügte nicht für alle Fälle, wurden doch die Schiffe des Altertums, da man über Nacht nicht auf dem Wasser blieb, alle Abende auf den Strand gezogen, dann wieder in die Schuppen hineingeschleift usw. usw. Außerdem geriet man in dem flachen Küstenwasser, auf dem man fuhr, so und so oft auf Grund. Es erwies sich daher als nötig, den Kiel noch einmal besonders, vor allem auch beim Ablaufen, beim Stapellauf, zu schützen. Deshalb nagelte man unter ihm noch eine starke Bohle fest, den „losen" oder „falschen Kiel". Der Kiel war an beiden Enden etwas nach oben gebogen. Mit ihm wurden, schräg nach oben strebend, die Steven verbunden, von denen der Vordersteven ziemlich steil emporstrebte und schief nach rückwärts stand. Infolgedessen wurde der Vorderteil des Schiffes spitzwinklig. Nicht immer war der Vordersteven gerade, manchmal war er auch gekrümmt. In der Regel bestand er teils, um ihn zu verstärken, teils um die Krümmung herauszubringen, aus zwei Stücken, von denen das obere als Topstück (ὁ στόλος) bezeichnet wurde. Das Topstück endigte oben in ein nach vorne herausstehendes spitzes Stück Holz, den Stevenkopf, der bei Kriegsschiffen zugleich als Stoßbalken diente, mit dem man auf feindliche Schiffe losfuhr. Da der Vordersteven also starke Stöße aushalten mußte, und da er auch bei den Kauffahrteischiffen alle das Schiff am Bollwerk, an Klippen usw. usw. treffenden Stöße auffing, so machte man ihn möglichst widerstandsfähig. Dies geschah dadurch, daß man seine einzelnen Teile nicht bloß miteinander verfalzte und zusammennagelte, sondern daß man ihn auch noch mit metallenen Schienen umkleidete. Innen, an seinem unteren Teile stemmte sich außerdem noch ein Balken, der Binnensteven, dagegen, der durch eine besondere Planke, das Stevenknie, angedrückt wurde, die dem ganzen Vordersteven einen festen Rückhalt gewährte. In ähnlicher Weise war der Hintersteven ausgestaltet, der gleichfalls mit einem Binnensteven und einem Stevenknie versehen war. Zu homerischer Zeit waren beide Steven hornartig ausgebildet, wobei die die Hörner bildenden oberen Teile der Steven entgegengesetzte Richtung hatten. Infolgedessen sah das Schiff von der Seite gesehen „doppelgeschweift" (ἀμφιέλισσα) aus. Später gab man dem „Stolos", also dem obersten Teile des Vorderstevens, die Gestalt eines Schwanenhalses oder eines Hakens, der noch später nach rückwärts gekrümmt wird und in einen Knauf oder in eine Schnecke endigt. Der Hintersteven ist stets gegen

die Innenseite des Schiffes zu gebogen und endigt dann in eine Art von Fächer, der aus einer Anzahl von Brettern hergestellt wird. (Abb. 653 u. 654.) Niemals ist dieser Fächer des Hinterstevens, das ἄφλαστον, eine Windfahne gewesen, wie mehrfach behauptet wurde, denn sonst hätte sie ich ja mit dem Winde drehen, also wenn das Schiff z. B. gegen den Wind gerudert wurde, nach hinten stehen müssen.

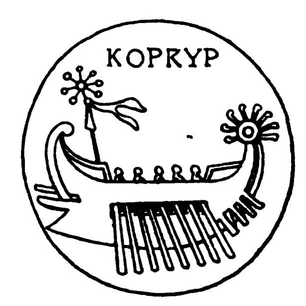


Abb. 653. Griechische Schiffsform.

Der Hintersteven als Fächer ausgebildet; unter dem hochbordigen gebogenen Vordersteven der doppelt ausgebildete Stoßbalken (siehe Seite 497) und darunter der Sporn (siehe Seite 497). Nach einer kerkyräischen Münze.



Abb. 654. Römische Schiffsform.

Sehr hoher Hintersteven, unter dessen dachartigem Schutz der Steuermann sitzt. Unter dem niederen Hintersteven Stoßbalken und darunter Sporn, hinter dem das „Auge" sitzt, dessen Bedeutung nicht klar ist. Von mancher Seite wird es als Schmuck, von anderer als Ankerklüse aufgefaßt, auch steht nicht fest, ob die Schiffe ein oder zwei Augen hatten. – Nach einer römischen Münze im Britischen Museum, London.

Die Bilder zeigen aber stets nur einen gegen das Vorderteil des Schiffes zu gerichteten Fächer. Anstatt des Fächers wird zuweilen auch eine andere Heckverzierung, der „Gänsekopf", verwendet (Abb. 656 S. 496 u. 661 S. 501), der aber manchmal auch die Gestalt des Schwanenhalses hat, wie z. B. auf diesen beiden Abbildungen. Daß es sich hier nur um den Hinter- niemals aber um den Vordersteven handeln kann, beweisen schon das Steuerruder, ferner aber auch das Beiboot (Abb. 656 S. 496) usw. Außer sehr wichtigen Aufschlüssen über die Technik und Terminologie des Schiffbaus, auf die wir uns in den vorstehenden Mitteilungen stützten, verdanken wir den Forschungen von Breusing, Luebeck und Aßmann auch noch solche über zahlreiche Einzelheiten, die wir den nachfolgenden Ausführungen im wesentlichen zugrunde legen.

Vom Kiel aus streben seitwärts die U-förmig gebogenen Spanten, die Rippen des Schiffes empor, die Gestalt und Größe des Fahrzeuges bestimmen. Die Biegung der Spanten wird dadurch hervorgebracht, daß man mehrere Stücke zusammenfügt, was durch Anbohren und Verbolzen sowie Zusammennageln geschieht. Außerdem werden sie, um die Fäulnis zu verhüten, noch geteert. Sie liegen mit Hilfe einer Einkerbung, die der Kielbreite entspricht und den Kiel aufnimmt, fest an diesem an. Die Einkerbung hindert die seitliche Verschiebung der Spanten. Um auch eine Verschiebung nach vor- und rückwärts zu verhüten, wird das „Kielschwein" (δεύτερα τρόπις) über ihnen angebracht, ein langer mit dem Kiel parallel laufender Balken, in dem unten Aussparungen vorgesehen sind, die über die Spanten passen und sie festhalten. Die Spanten sind also zwischen dem eigentlichen Kiel und dem Kielschwein eingeklemmt: Der Kiel ist von hinten her in sie eingelassen, das Kielschwein greift von oben her über sie über. Kielschwein und Kiel berühren sich jedoch nicht. Zwischen beiden bleiben Lücken, durch die das auf dem Boden des Schiffes gesammelte Wasser nach beiden

Seiten durchlaufen kann. Infolge dieser Anordnung läßt sich auch das stark auf der Seite liegende Schiff leicht durch Ausschöpfen entleeren, da es bequemer zugängig ist.

Auf das durch Kiel und Spanten gebildete Gerippe des Schiffes kommt dann die Beplankung, die in der Weise vorgenommen wird, daß man die einzelnen Planken in wagrechter Lage auf die Spanten aufnagelt. Die untersten Planken müssen in den Kiel, die Enden der einzelnen Plankenreihen, der „Gänge" in die Steven eingelassen werden. Zu diesem Zweck werden der Kiel und die beiden Steven mit einer entsprechenden Auskehlung versehen. Die Planken schließen mit ihren Schmalseiten dicht aneinander an. Eine Abweichung von dieser Art der Beplankung scheinen nach der oben angeführten Stelle des Herodot (II 96) die ägyptischen Schiffe gemacht zu haben, bei denen die Planken nach Art der Dachziegel übereinander griffen. Auf den obersten Plankengang wurde ein auch auf den Spantenköpfen aufliegender starker Balken oder auch eine besonders starke Planke aufgesetzt. In ihn wurden die Löcher gebohrt, in denen die Ruderpflöcke, die Dollen, saßen, gegen die sich die Ruder stemmten, oder an denen sie, wobei die Dollen als Stützpunkt dienten, mit Hilfe einer Lederschlaufe lose befestigt waren. Altgriechische Vasenbilder wie z. B. ein solches im Britischen Museum und auch sonstige Darstellungen zeigen uns, daß auf dem eben erwähnten das eigentliche Schiffsbord bildenden starken Balken noch eine Art von Leiter aufgesetzt ist. Diese „Leitern" werden verschieden gedeutet. Während sie Konteradmiral Glatzel als Laufplanken ansieht, die beim Festmachen des Schiffes an Land den Landverkehr erleichtern, wird andererseits angenommen, daß ihre Zwischenräume dazu dienten, die Ruder hindurchzustecken, so daß also anstatt des Dollpflockes das Fach der Leiter in Wirkung trat. Diese Ansicht erscheint zwar als die berechtigtere, doch ist gegen sie immerhin noch einzuwenden, daß auf den erwähnten Darstellungen nicht ersichtlich ist, ob nicht der Dollpflock hinter der Leiter sitzt und sich auf dem Bild oder dem Relief, wie z. B. dem der Akropolis zu Athen, nur nicht genügend abhebt. (Abb .655 S.495.) Immerhin ist zu erwägen, daß das Bewegen des Ruders zwischen zwei eng aneinandergestellten Dollpflöcken im Altertume nicht üblich war: Man benutzte immer nur einen Dollpflock, gegen den es sich anstemmte, und an dem es durch die oben schon erwähnte Lederschlaufe festgehalten war. Um die Beplankung zu festigen, nagelte man sowohl innen wie außen am Schiffe noch stärkere Planken von geringerer Breite auf, die, sowohl in wagerechter wie senkrechter Richtung angebracht, eine Art von Gitter bilden, in dem der eigentliche Schiffsrumpf lag.

Die Planken ließen sich nicht so dicht aneinander fügen, daß kein Wasser eindringen konnte. Man mußte die zwischen ihnen befindlichen Fugen deshalb noch besonders dichten. Hierzu nahm man meist Werg, legte es in die Fugen und stopfte es darin unter Verwendung eines stumpfen Meißels und hölzernen Hammers fest. Dann goß man die Fuge noch mit geschmolzenem Pech oder mit einem Gemenge von Pech und Wachs, manchmal aber auch mit reinem Wachs aus. Zum Schlusse strich man die ganze Außenwand des Schiffes mit dem in den Kohlenmeilern oder in eigenen Anlagen (siehe Seite 251) gewonnenen Teer an. In vereinzelten Fällen wurden dann, um die Holzwandung des Schiffes zu schützen, noch, wie oben bereits erwähnt, Bleiplatten aufgenagelt, unter denen man eine Lage geteerter Leinwand angebracht hatte.

Diesen außenbords auszuführenden Vollendungsarbeiten schlossen sich noch einige im Innern des Schiffes an. Über dem Kiel, in dem heute „Sod" genannten Raume sammelte sich Wasser. Damit es den Verkehr im Schiffe nicht hinderte, wurde der Sod mit einer losen Lage von Brettern bedeckt, die man zum Zwecke des Ausschöpfens von Sodwasser leicht aufheben konnte. Auch Ballast in Form von Steinen, Sandsäcken

usw. wurde im Sod verstaut. Das Sodwasser wurde mit Eimern herausgeschöpft, die man auf kleineren Schiffen einfach über Bord goß, während man bei größeren wahrscheinlich innenbords eine Leiter anlehnte, auf der die Leute standen, die sich diese Eimer dann zureichten. Aus gewissen Stellen (Aristophanes, Lysistrata 722) läßt sich schließen, daß man auch Rollen zum Emporwinden der vollen Eimer verwendete. Ebenso soll auch die archimedische Schraube (siehe Seite 211) zum Entfernen des Wassers aus den Schiffen benutzt worden sein. Im übrigen suchte man das

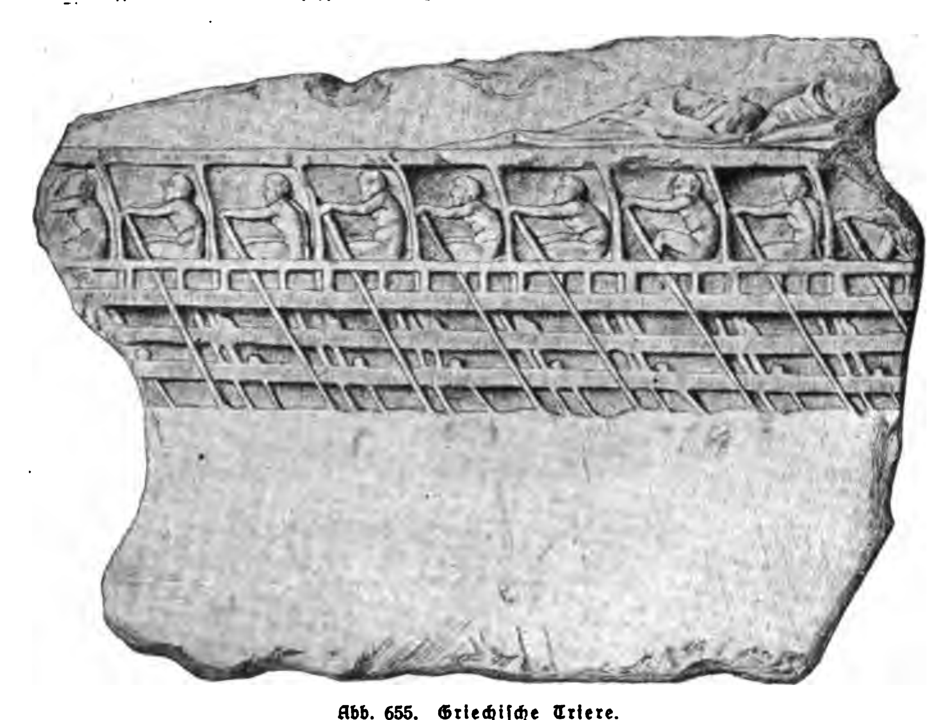


Abb. 655. Griechische Triere.
Es sind deutlich drei Reihen von Rudern (übereinander) erkenntlich, bei der obersten Reihe die „Leiter" bzw. die „Dollpflöcke", wobei jedoch die technischen Einzelheiten der unteren beiden, und besonders warum die Ruderschäfte von Querbalken überdeckt sind, nicht ganz klar erscheinen.
Relief von der Akropolis.

Eindringen von Wasser in Kauffahrteischiffen mit wertvoller Ladung noch dadurch besonders zu verhindern, daß man innen nochmals eine volle Beplankung anbrachte.

Ein Deck in unserem Sinne, d. h. ein solches, das den ganzen Innenraum überdeckt, hatten im Altertume wahrscheinlich nur die Handelsschiffe, bei denen es nötig war, um die Ladung vor den Unbilden der Witterung zu schützen. Die übrigen Schiffe waren mit einem Halbdeck versehen oder überhaupt unbedeckt. Die homerischen besaßen ein Vordeck und ein Hinterdeck, der mittlere Teil des Schiffes war unbedeckt (Odyssee XII 229 und XIII 74). Das Deck ruhte auf Balken, den Dachbalken, auf, die quer über das Schiff von Spantenkopf zu Spantenkopf liefen. Es war nicht wie bei unseren Schiffen eine ununterbrochene ebene Fläche, sondern in der Mitte stets vertieft, was den Zweck hatte, die Ruderer näher an das Wasser heranzubringen und vorn oder hinten oder auch beiderseits einen erhöhten Aufbau zu schaffen. Die

beiden Aufbauten, das Vordeck, die „Back“, und das Hinterdeck, die „Schanze“, ändern im Laufe der Zeiten ihr Aussehen sehr. Bald haben sie, insbesondere das Vordeck, eine Schanzverkleidung, bald wieder nehmen sie, vor allem das Hinterdeck, bei den römischen Schiffen einen besonderen Aufbau auf, der als Kapitänskajüte diente. (Abb. 656.) Diese Kajüte besteht aus einem aus Holzbalken und Holzreifen gebildeten und mit Tuch umkleideten Gestell. Vielfach findet man auch eine Galerie auf einem dieser Decks (Abb. 656, ferner Abb. 661 links usw.), dann wieder werden auf dem Vordeck Kriegsmaschinen der verschiedensten Art, insbesondere der Onager, aufgestellt; es werden hier Fallbrücken angebracht, auf denen man in das feindliche Schiff vordringt, und vor allem ist hier der Platz für den „Delphin“. Dieser ist ein schwerer Eisen- oder Bleiklotz, den man auf das feindliche Schiff hinabfallen läßt, um es zu zerschmettern. Ferner finden auf dem Vordeck noch die Ankerwinden und die Einrichtungen zum Niederlegen und Aufstellen des Mastes ihren Platz.

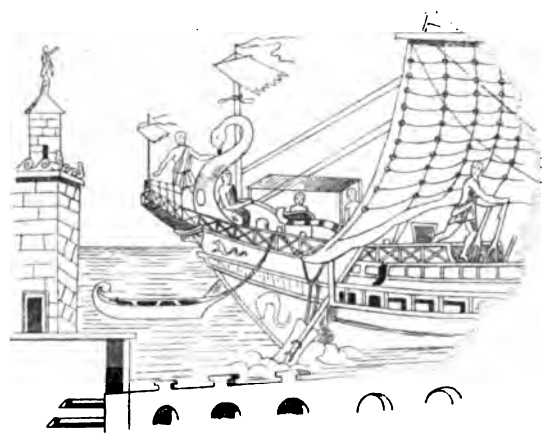


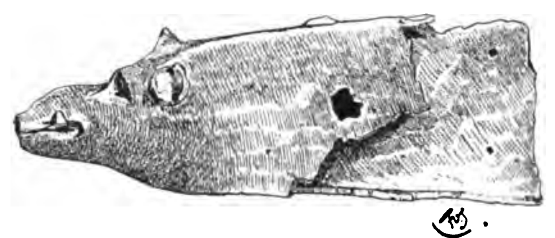
Abb. 656. Der hintere Teil eines römischen Segelschiffs. (Mosaikbild aus der Casa quirinale des Claudio Claudiano.)
Der Hintersteven endigt in den „Gänsekopf“. (Siehe Seite 493.) Am Hinterdeck eine „Schanze“. Um das Oberdeck läuft eine Galerie. Hinter dem Gänsekopf ein Aufbau, die „Kapitänskajüte“. Der Schiffsrumpf läßt mehrere Decks übereinander erkennen. Seitenbords ein Steuerruder. Das Segel ist mit Ringen und Tauen versehen (siehe Seite 501) und etwas gerefft. Bemerkenswert ist auch das Beiboot. Links ein Leuchtturm. — Kapitolinisches Museum, Rom.

Außer bei den vollgedeckten Kauffahrteischiffen war der zwischen Vorder- und Hinterdeck befindliche Mittelraum des Schiffes zunächst offen. Er nahm die Ruderer und bei Kriegsschiffen die Soldaten auf. Um diesen beim Kampf einen günstigeren Standort zu verschaffen, legte man dann an der Innenseite des Schiffes Laufplanken entlang, die auf Stützbalken ruhten. Die Ruderer saßen zwischen diesen Laufplanken, also noch näher gegen die Mittellinie zu. Später entsteht aus den Laufplanken das Mitteldeck, das jedoch beim Kriegsschiff immer noch in der Mitte offen bleibt. Wenn auch der offene Raum immer schmäler wird, so bekommt das Kriegsschiff doch nie ein Volldeck. Dies hat seine guten Gründe: Einesteils mußte man imstande sein, den Mast umzulegen, der beim Kampfe unnötig und hinderlich war: Man bewegte die Schiffe während der Schlacht niemals durch Segel, sondern immer nur durch Ruder. Dann aber bestand ein beliebtes Kampfmittel darin, auf den Feind loszufahren und so nahe an ihm vorbeizustreifen, daß die Ruder seiner Schiffe zerbrachen. Um nun dabei nicht selbst Ruder einzubüßen und dem gleichen von feindlicher Seite her erfolgenden Streiche wirksam begegnen zu können, mußte man in der Mitte des Mitteldecks einen freien Raum haben, der es ermöglichte, die Ruder rasch einzuziehen und hoch zu stellen.

Unter dem Vordeck und dem Hinterdeck befanden sich Verschläge, die teils zur Aufbewahrung von Tauwerk, teils aber auch als allerdings sehr enge und unbequeme Schlafräume dienten. Auch der Trinkwasserbehälter war hier untergebracht. Bei

größeren Schiffen lief zwischen Vorder- und Hinterdeck noch eine Verschanzung herum, die verhütete, daß Wasser in das Innere des Schiffes spritzte. Bei Kriegsschiffen diente diese Verschanzung auch als Brustwehr. Während sie für gewöhnlich aus Brettern hergestellt war, die auf ein leiterähnliches Balkengerüst aufgenagelt wurden, brachte man bei Kriegsschiffen auf diesen Brettern noch eine besondere Verkleidung aus Häuten oder Tuch an, oder man belegte sie mit Schilden — alles Einrichtungen, in denen sich die feindlichen Pfeile fangen sollten. Unterhalb der Verschanzung, im Dollbord, befanden sich wahrscheinlich ovale nach außen und unten führende Löcher, die dem doch auf das Deck gelangten Wasser als Ablauf dienten, die „Speigatten".

Eine besondere an den Kriegsschiffen angebrachte Einrichtung war der Sporn (ἔμβολον, rostrum), eine in Anbetracht der Bauart der Fahrzeuge sehr wirksame Waffe, deren geschickte Anwendung in so mancher Seeschlacht die Entscheidung herbeiführte. Seiner Bedeutung trug man auch im gewöhnlichen Leben in mannigfacher Hinsicht Rechnung, indem man z. B. in Rom die Rednertribüne mit den Schiffsschnäbeln feindlicher Schiffe, worunter derartige Sporne zu verstehen sind, ausschmückte oder sie an Denkmälern anbrachte. Der Sporn war ein meist aus mehreren Balken zusammengesetzter starker, gewöhnlich mit drei Spitzen versehener, vor dem Bug angebrachter Vorbau. Daß er von den Phöniziern stammt, wurde bereits oben erwähnt. Zunächst lag er unter der Wasserlinie, so daß er das feindliche Schiff an einer Stelle traf, durch die Wasser ins Innere eindringen konnte. Mit der Zeit brachte man ihn jedoch immer höher an, und später liegt er stets über dem Wasser. Der Grund hierfür ist wohl darin zu suchen, daß der Rammstoß mit großer Kraft geführt werden muß. Da der Widerstand in der Luft geringer ist als im Wasser, so hinderte der unter der Wasserlinie liegende Sporn die Entfaltung der zu einem wirkungsvollen Stoße nötigen Geschwindigkeit. Infolgedessen verlegte man mit der Hauptmasse des Kriegsschiffes, das meist nur 1 m Tiefgang hatte, auch den Sporn nach oben an die Luft. Er wirkte, da das Holz und die Balken beim Stoße ja zersplitterten, trotzdem so, daß sich das vom Sporn geöffnete Leck auch bis unterhalb der Wasserlinie fortsetzte. Außer dem Sporn trug das Kriegsschiff noch eine zweite Waffe, den Stoßbalken (Abb. 657, sowie 653 u. 654 S. 493), dessen oberes Ende oft mit einem aus Holz geschnitzten Tierkopfe versehen war. Wirkte der Sporn gegen die dicht über der Wasserlinie gelegenen Rumpfteile des feindlichen Schiffes, so wirkte der Stoßbalken gegen die höheren, also gegen das Bord, die Schanzverkleidung, die Aufbauten usw. usw. Er hat aber noch einen weiteren Zweck. Der Sporn sollte das gegnerische Schiff lediglich leck machen. Drang er zu tief ein, so kam man nicht gut wieder heraus und wurde unter Umständen selbst mit in die Tiefe gezogen. Darum bremste der Stoßbalken, nachdem der Sporn weit genug eingedrungen war, dadurch, daß er an das feindliche Schiff anstieß, die weitere Vorwärtsbewegung: man konnte nun rasch wieder zurückrudern und sich aus der Nähe des gerammten Schiffes entfernen.


Abb. 657. Stoßbalken eines römischen Kriegsschiffs.

Die Ruder unterlagen im Laufe der Zeit gleichfalls mancherlei Wandlungen. Im Anfange war das Ruderblatt breit und flach. Sein Ende lief in eine Spitze aus.

Manchmal zeigte es irgendeine ornamentale Form, die oft an eine Schaufel erinnerte. Später verliert sich dieses Aussehen, das Ruderblatt wird lang und schmal. Über das Zusammenwirken von Ruder und Dollpflock wurde oben bereits alles Bemerkenswerte mitgeteilt. Das Rudern geschah in gleicher Weise wie jetzt noch: bei Booten arbeitete oft ein Mann mit zwei Rudern gleichzeitig, das größere Ruder des größeren Fahrzeugs wurde für sich von einem Mann bedient, der mit beiden Händen angriff. Ob sehr große Ruder von mehreren Ruderern bewegt wurden, die gleichzeitig daran arbeiteten, ist eine noch ungeklärte Frage. Bei den sogenannten „Vielruderern", d. h. also bei Schiffen, in denen mehrere Reihen von Rudern zur Verwendung kamen, wurden in der Schiffswand besonders starke Plankengänge angebracht, in denen besondere Pforten, die man heute „Rojepforten" nennen würde, vorgesehen waren, durch die die Ruder hindurchgesteckt wurden. Damit das Wasser nicht durch diese Pforten ins Innere des Schiffes hineinschlug, wurden sie mit Tierfellen überspannt, in denen sich ein Schlitz befand, durch den man dann das Ruderblatt und hierauf das ganze Ruder nach außen schob. Da das Blatt breiter war als der Ruderschaft, so konnte der Schlitz diesen niemals dicht umschließen. Es drang, wie uns aus mehrfachen Berichten bekannt ist, in der Tat durch den Schlitz noch oft genug Wasser ins Schiffsinnere (Appian, De rebus Syriac. 27; Lucan, Phars. III 650, 665). Die Ruderer saßen hintereinander auf Ruderbänken, über die wir eigentlich so gut wie nichts wissen. Das, was wir wissen, wie z. B. daß man die Ruderbänke mit Schafsfellen polsterte, ist in technischer Hinsicht von keinerlei Bedeutung. Nur so viel ist sicher, daß die Ruderer der Griechen und Römer ihr Gesicht dem Hinterteile des Schiffes zuwendeten, so daß sie also die Ruder durch Anziehen des oberen Schaftteiles gegen den Körper wirken ließen. Sie wurden zuweilen auf dem Lande an eigens dazu aus Balken zusammengezimmerten Modellen im Rudern geübt und arbeiteten im Schiffe nach Kommando, oft, um höhere Leistungen aus ihnen herauszuholen, unter Begleitung von Flötenmelodien.

Auf Flußschiffen scheint das Rudern vereinzelt auch in der Weise geübt worden zu sein, daß der obere Teil des Ruders von der Brust wegbewegt wurde, um die Vorwärtsbewegung im Wasser hervorzubringen. Hierauf lassen einzelne Darstellungen, wie z. B. die Abb. 658 S. 499, schließen, die einen Weintransport auf der Mosel darstellt. Das Schiff geht vorne schmal und spitz zu, ist hochbordig und mit Galerie versehen. Der Steuermann sitzt hinten.

Auch das Steuer war nichts weiter als ein Ruder und unterschied sich von diesem lediglich durch die größere Länge und Breite des Blattes. Kleinere Schiffe führten ein Steuer, das zwischen zwei Dollen oder in einem Einschnitt auf die Mitte des Hecks gelegt wurde. Man konnte das Steuerruder jedoch auch bald auf der einen bald auf der anderen Seite des Hinterstevens ins Wasser halten und auf diese auch jetzt noch bei kleineren Kähnen gebräuchliche Art steuern. Wahrscheinlich diente die im Homer (Ilias XV 728) erwähnte „Bank des Steuerers" dazu, dem Steuermanne das zu diesem Zwecke nötige Hin- und Hergehen zu erleichtern. Bei größeren Schiffen machte man sich die Sache bequemer und ersparte sich das Hin- und Hergehen sowohl wie das Ausheben und Eintauchen ein- und desselben Steuerruders auf beiden Schiffsseiten: Man brachte gleich zwei Steuerruder an, die in einem Einschnitte des Dollbords oder der Verschanzung ruhten oder durch besondere Öffnungen in der Schiffswand hindurchgeführt waren. (Abb. 660 S. 500.) Ihr oberes Ende trägt, wie jetzt auch noch, oben einen wagerechten Handgriff, die „Pinne". Die beiden Steuer wurden jedes für sich gehandhabt und arbeiteten vollkommen unabhängig voneinander. Bei ruhiger See

dürfte ein Mann zu ihrer Bedienung gedient haben, bei bewegter See waren sicherlich zwei Leute nötig, die in genauer Übereinstimmung handeln mußten, und von denen jeder ein Steuer mit beiden Händen handhabte. Die Bedienung durch einen Mann



Abb. 658. Ruderschiff auf einem Flusse (Weintransport auf der Mosel). Relief. Provinzialmuseum Trier.

geschah wohl in der Weise, daß man das nicht gebrauchte Steuer einfach aushob und es an einem am Griffe befindlichen Ringe im Schiff aufhängte, bis man es wieder benötigte. Es erscheint nicht wahrscheinlich, daß beide Pinnen durch einen Riemen verbunden waren, den ein davor sitzender Mann nach Bedarf bald in der einen, bald in der anderen Richtung anzog, auf diese Weise beide Steuer bedienend. Durch einen derartigen Riemen lassen sich die Pinnen nämlich nur nach innen ziehen, nicht aber nach außen bewegen. Manche Schiffe hatten vorn und hinten ein Steuer, so daß man, ohne zu wenden, sofort nach jeder Richtung zu fahren vermochte. Derartige Schiffe, die nach jeder Richtung fahren konnten, scheinen auch bei den Germanen üblich gewesen zu sein, wenigstens berichtet Tacitus (Germ. 44) von den Suionen: „Ihre Schiffe unterscheiden sich im Bau dadurch von den unseren, daß Stern und Schnabel ganz gleich und somit beide Ende immer zum Anlanden geeignet sind. Auch führen sie keine Segel und haben nicht die ordentlichen Ruderreihen an den Seiten; die Ruder sind, wie bei Flußkähnen, frei und beweglich und werden, je nach Bedürfnis, bald hier, bald dort eingesetzt."

Die Segeleinrichtung der griechischen und römischen Schiffe war eine äußerst einfache. Gewöhnlich hatten die Schiffe nur einen einzigen Mast, der bei den homerischen Fahrzeugen aus Tannenholz hergestellt wurde, doch kamen auch Schiffe mit zwei Masten (mit mehr wohl kaum) vor (Abb. 659). Er ruhte auf dem Kiel in einem auf diesem aufgesetzten Balkengehäuse, der „Mastspur" auf, in das der

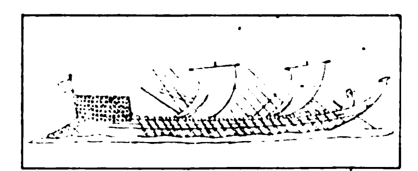


Abb. 659. Zweimaster.
Zweimastige „Pentekontere" (Fünfzigruderer), der mit Rudern und Segeln fortbewegt wird. Am Hintersteven der „Fächer". Zwei gleichhohe Masten mit je einer Raa. Am Heck die Flagge.

Mastfuß eingesetzt war. Die größte Dicke des Mastes befand sich in der Höhe des Verdecks (Abb. 660 u. 661); hatte man doch die Erfahrung gemacht, daß der Mast bei vollem Winddruck auf das Segel gerade hier am leichtesten durchbrach. An beiden Seiten des Mastes waren parallel zu ihm emporstehende Balken angebracht, zwischen denen er sich derart bewegte, daß er bequem niedergelegt werden konnte. Beim Niederlegen drehte er sich nach hinten. Richtete man ihn wieder auf, so wurden um ihn und um die zu seinen Seiten stehenden Balken Schienen herumgelegt, die ihn in seiner senkrechten Stellung festhielten. Diese ganze einfache Vorrichtung, die ja auch jetzt noch auf unseren Flußschiffen gebräuchlich ist, der „Mastköcher", gestattete ein sehr bequemes Umlegen auch für das Altertum verhältnismäßig hoher Maste, da sich ja der Drehpunkt der Höhe des Mastes derart anpassen ließ, daß Niederlegen und Aufrichten ohne große Kraftanstrengung vorgenommen werden konnten. Über den Mastköcher war quer über das Schiff von Spante zu Spante noch ein Querbalken befestigt, der in der Mitte einen halbkreisförmigen Ausschnitt hatte. Dieser Ausschnitt des Querbalkens, die „Segelducht", nahm den Mast auf, der sich gegen die Ducht legte und dadurch dem Winddrucke besser widerstehen konnte. Oben am Maste waren zwei Taue befestigt, mit denen er an den beiden Seiten des Vorderschiffes befestigt war, ein drittes Tau führte nach dem Hinterschiffe. Die Maste waren im allgemeinen niedrig, der Begriff „hoher Mast" ist also eine relative Bezeichnung. Zusammengesetzte Maste kannte man nicht. Um auf den Mast hinaufzusteigen, bediente man sich der eben erwähnten Taue, an denen man emporkletterte (Abb. 661), oder es waren am Maste selbst Holzklötze angenagelt, an denen man emporsteigen konnte. (Abb. 660.) Der Gebrauch von Strickleitern, der von mancher Seite behauptet wird, ist nicht mit Sicherheit erwiesen. Oben am Maste war ein Holzklotz, der „Mastkopf" angebracht, an oder in dem die zum Aufheißen der Raa nötigen Rollen befestigt waren. (Abb. 661 S. 501.) Auf größeren und Kriegsschiffen war mit dem Mastkopf ein mit Brustwehr umgebener Standplatz für Beobachter oder Soldaten verbunden, also eine Art von Mastkorb. Über dem Mastkopfe ragte dann ein Flaggenstock empor, der den „Stander" trug.

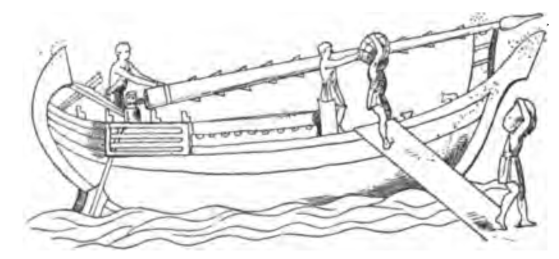


Abb. 660. Kleineres römisches Schiff.
(Nach einem Flachrelief an der Kathedrale von Salerno.)
Am Hintersteven der „Fächer" (siehe Seite 493), umgelegter mit Holzklötzen versehener Mast, die zum Emporklettern dienten. Zwei Steuerruder.

Die Raa war meist wohl gleichfalls aus Tannenholz hergestellt, das, wie Plinius (XVI 39) angibt, sich wegen seiner Leichtigkeit besonders für sie eignete. Sie war in der Mitte am dicksten, nach den Enden zu wurde sie schwächer. Oft war sie aus zwei Stücken zusammengesetzt, die in der Mitte übereinander gelegt und zusammengebunden waren. (Abb. 661.) Der Mast trug stets nur eine einzige Raa, an der das aus Leinwand hergestellte viereckige Segel befestigt war. Die Verbindung von Raa und Mast geschah durch eine Schlinge, die von der Raa aus um den Mast herumlief, und auf der Kugeln aufgereiht waren, so daß die Raa leicht am Mast auf- und niederglitt. Die Raa konnte mit Hilfe besonderer Taue, der „Brasse" und der „Schoten", am Maste verstellt und in bezug auf ihre Lage der jeweiligen Windrichtung an-

gepaßt werden. (Abb. 662.) Das Segel war auf seiner Vorderfläche mit Ringen versehen, in denen Taue herunterliefen. (Abb. 656 S. 496.) Durch Anziehen dieser Taue wurde es gerefft. Das Reffen, also das Verkleinern des Segels, geschah somit im Altertum in anderer Weise wie heute. Mit Recht hat **Luebeck** das damalige Verfahren mit dem stufenweisen Aufziehen einer Fensterjalousie verglichen. (Abb. 661.) Manche Schiffe, insbesondere Kriegsschiffe, führten außer dem Hauptmaste noch einen zweiten Mast, der vor ihm stand, also einen Fockmast, der nach Art eines Bugspriets schief nach vorn ragte und gleichfalls ein einziges Segel trug. Auch dieses Segel war wie das des Großmastes wohl meist viereckig. Der Fockmast ist, wie man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen kann, wenn das Schiff im Hafen seine Ladung löschte, auch als Kran benutzt worden. Die Segel wurden aus verschiedenen Bahnen genäht. (Abb. 661.) Um sie widerstandsfähiger gegen den Winddruck zu machen, nähte man besondere Streifen, vermutlich aus Leinwand, auf. Sie erschienen dadurch in Quadrate oder Rechtecke geteilt. Außerdem aber waren sie noch vielfach bemalt. Um den Mannschaften, die sie an der Raa zu befestigen oder sonst an dieser zu arbeiten hatten, einen Standpunkt zu schaffen, waren, wie bei den Raaen unserer Zeit auch noch, unter diesem Taue, die heutigen „Pferde“ angebracht (s. Abb. 651 S. 489).

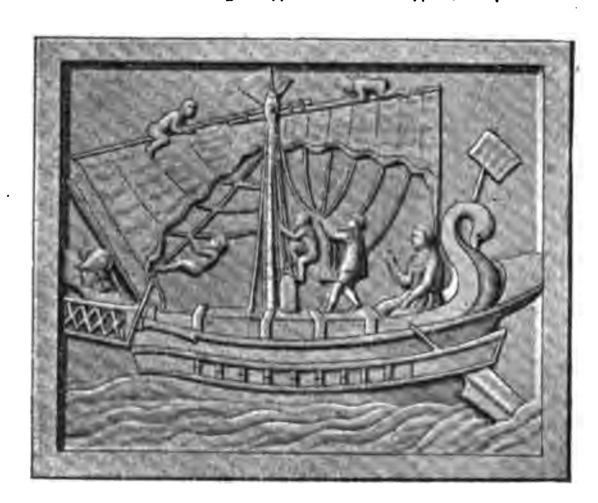


Abb. 661. Römisches Segelschiff mit aufgesteckter Flagge.
Am Hintersteven der „Gänsekopf“. Am Hinterdeck eine „Schanze“. Scheinbar mehrere Decks. Links Galerie und vertiefter offener Mittelraum (siehe Seite 496). Zusammengesetzte drehbare Raa. Mast nach oben verjüngt. Am Top der „Stander“. Segel teilweise gerefft und aus mehreren Bahnen zusammengenäht. Die Bedienung klettert an den Tauen empor.



Abb. 662. Griechisches Segelschiff mit Rudereinrichtung und „gebraßter Raa“.
Die Raa ist mit „Brassen“ versehen (die fünf schief von links oben nach rechts unten laufenden Taue der „Schoten“), um sie in der Windrichtung feststellen zu können.
Attische Vase vom Ende des 6. Jahrhunderts v. Chr.
Vasensammlung der Universität Würzburg.

Wie bei den ägyptischen Schiffen, so lief auch bei den griechischen und römischen über die ganze Länge des Schiffes sehr oft ein Tau, das „**Hypozom**“ (ὑπόζωμα), dessen Bedeutung lange nicht klar war und viel erörtert wurde. Es diente aber, wie **Breusing** unseres Erachtens mit Recht ausführt, dazu,

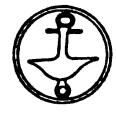
das Auseinanderbrechen des Kiels zu verhüten, eine Gefahr, die bei den Schiffen des Altertums, insbesondere aber bei den Kriegsschiffen deshalb vorlag, weil sie, um möglichst viel Ruderer gleichzeitig arbeiten lassen zu können, im Verhältnis zu ihrer geringen Breite oft sehr lang waren. Das Hypozom wurde immer erst dann angebracht, wenn das Schiff in See gehen sollte.

Ein weiterer wichtiger Ausrüstungsgegenstand der Schiffe war der Anker (ἄγκυρα, ancora), der im Hafen jedoch nur selten gebraucht worden zu sein scheint. Hier machte man in der Weise fest, wie es in manchen Fischerhäfen z. B., in Scheveningen auch heute noch gebräuchlich ist, daß man mit dem Vorder- und Hintersteven des Schiffes bis dicht an das Bollwerk heranfuhr und das Schiff dann durch Taue an Ringen anband, die in der Mauer des Bollwerks saßen. Auf vielen Schiffen des Altertums befand sich, und zwar auf einem der oben erwähnten Deckaufbauten, ein hoher hölzerner oder steinerner Pfosten, der wohl dazu gedient haben dürfte, das zum Festmachen benutzte Seil herumzuschlingen. Bei dieser Art des Anlegens konnte auch ein kleiner Hafen ziemlich viele Schiffe aufnehmen. Die Verbindung zum Lande wurde durch Laufplanken hergestellt (Abb. 660 S. 500), die vielleicht auf die von Glatzel (siehe Seite 494) erwähnten Leitern gelegt wurden.

Als Anker verwendete man im Anfange schwere Steine (εὐναί, bei den Germanen „Senchilsteine", d. i. Senksteine) oder pyramidenförmige Korbgeflechte, die mit Steinen gefüllt wurden. Bis zum Jahre 700 v. Chr. scheint der Metallanker unbekannt gewesen zu sein, und in Ägypten scheint man ihn nie benutzt zu haben. Um 650 v. Chr. finden sich auf den Schiffen der Phönizier und Griechen Anker, die zwar schon die spätere Hakenform haben, jedoch aus Holz hergestellt sind. Sie wurden durch Anhängen von Eisen- und Bleistücken oder von Steinen beschwert. (Abb. 663.) Das Gewicht eines solchen Ankers läßt sich nach den Angaben



Abb. 663. Urspünglicher durch einen Stein beschwerter Holzanker (Nachbildung). Museum für Meereskunde, Berlin.



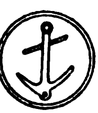


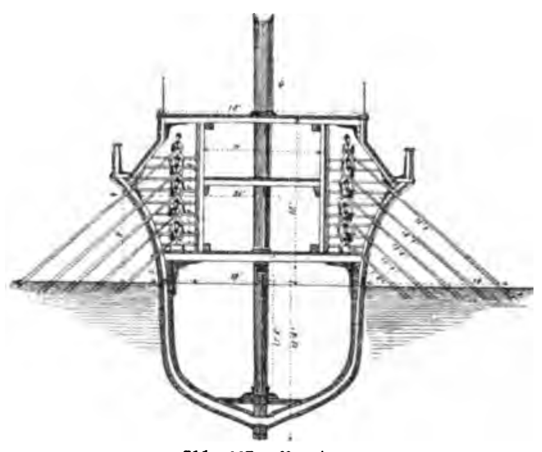
Abb. 664—666. Griechische Ankerformen. (Darstellung auf athenischen Münzen.)
Bemerkenswert ist, daß die antiken Anker bereits den Ankerstock (Querbalken) aufweisen, der bewirkt, daß der Anker in eine Lage fallen muß, wobei er sich beim Anziehen in den Grund bohrt. Darstellungen ohne Ankerstock, die gleichfalls bekannt sind, haben wohl Landanker zum Gegenstand, die am Ufer ausgelegt wurden.

verschiedener Schriftsteller auf etwa 400 kg annehmen, von denen jedoch nur 30—40 kg auf den eigentlichen Holzanker kamen. Später werden die Anker leichter. Ein Anker der attischen Trieren hatte ein Gewicht von etwas über 20 kg. Zwischen 600 und 550 v. Chr. tauchen die ersten ganz aus Metall hergestellten Anker auf, die bereits die jetzige Form haben. (Abb. 664 bis 666.) Sie zeigen ebenso wie die alten Holzanker bereits den Ankerstock, einen quer zur Ebene der Arme stehenden

Stab, der die Arme zwingt, sich so zu legen, daß sich ihre Enden beim Anholen des Ankerkabels in den Grund einbohren müssen. Der Ankerstock der ersten Metallanker ist aus Holz, die Anker selbst sind teils ein- teils zweiarmig. Außerdem gibt es noch Schirmanker, d. h. Anker, die in ihrer Form einem aufgespannten umgekehrten Schirme gleichen, und die auch heute noch vielfach zur Verankerung von Feuerschiffen und Bojen dienen. Das Innere dieser Schirmanker wurde mit Steinen oder Sandsäcken ausgefüllt, um ihr Gewicht zu vermehren. (Abb. 664.) Schon um 500 v. Chr. wurden Ankerbojen, mit Korkstücken gefüllte korbartige Geflechte aus Tauen (σαργάνη) verwendet, die beim Bruch des Ankertaus die Wiedererlangung des Ankers ermöglichen sollten. Der Anker wurde vom Vorderschiff aus in das Meer geworfen. Damit dabei die Schiffswand nicht verletzt wurde, hing er an einem an der Seite des Schiffes herausragenden Balken. In vereinzelten Fällen warf man ihn auch vom Hinterteil aus in die Flut. Der Anker war an einem starken Tau befestigt; eiserne Ankerketten werden zuerst von Cäsar (de bello gallico III 13) erwähnt, der berichtet, daß sich die Veneter solcher bedienten.

Die „Trierenfrage".

Je nach der Zahl der Reihen von Ruderern, die ein Schiff führte, unterscheidet man Moneren, Dieren, Trieren, Tetreren, Penteren usw. usw. Polyeren. (Abb. 655 S. 495 und Abb. 667.) Es bildet nun eine alte Streitfrage, über die seit dem Jahre 1536, wo De Baïf dieses Thema aufrollte, eine Bibliotheken füllende Literatur niedergeschrieben wurde, wie denn eigentlich die Ruderer in diesen Polyeren und vor allem in den Trieren angeordnet waren. Die ganze Frage, die sich durchaus nicht nur auf die Trieren bezieht, wird als „Trierenfrage" bezeichnet, weil in den alten Schriftstellern drei Arten von Ruderern solcher Trieren nämlich, die „Thraniten" (obere Reihe), die „Zygiten" (mittlere Reihe) und die „Thalamiten" (untere Reihe) unterschieden werden. In dieser so umfangreichen Literatur, an deren Aufstellung sich Philologen, Techniker und auch Seeleute beteiligten, kommen nun die mannigfachsten Ansichten zur Geltung, und es werden die verschiedenartigsten Zeichnungen der Sitzanordnung für Trieren und Polyeren gegeben. Von den neueren Polyerentheorien sei hier die Aßmanns (nach der Erläuterung Luebecks) angeführt: „Da nämlich bei Schiffen mit mehr als drei Ruderreihen gleichwohl stets nur von Thraniten, Zygiten und Thalamiten die Rede ist, so folgert Aßmann mit hoher Wahrscheinlichkeit, daß dem Ruderkörper


Abb. 667. Pentere.

der Polyeren stets die Gruppeneinheit eines Thalamiten, Zygiten und Thraniten in mehrfacher Wiederholung übereinander zu grunde lag, wobei die Rojer (Ruderer) jeder einzelnen Gruppe nicht nur über- und voreinander, sondern zur Vermeidung übergroßer Bordhöhe und Oberlast zugleich, nach der Schiffsmitte zu eingerückt, schräg abgestuft nebeneinander saßen." Weber sieht den Grund der Erfolglosigkeit der Lösung des Trierenrätsels hauptsächlich in zwei Irrtümern: „daß man nicht erkannt hat, daß ἄνω und κάτω nautisch nicht oben und unten, sondern hinten und vorn bedeutet, und daß man übersah, daß die Alten wohl 1000mal nicht von Ruderreihen, sondern von Reihen von Ruderern sprechen". Er kommt auf Grund eingehender Betrachtungen zu folgenden Schlüssen: „Die Schwere des Wassers hebt jedes Ruderblatt an die Oberfläche und würde bei irgend erheblichem Seegange die untersten Ruderblätter in die oberen hineinwerfen, falls es Ruderreihen gäbe. Bei einem Verweilen oder Zurückziehen im Wasser hindert aber jedes Ruder den Lauf des Schiffes; jedenfalls müßten die obersten Ruder so hoch in die Höhe gezogen werden, daß auch die untersten über Wasser zurückgezogen werden könnten, und dies will sagen bei Seegang so hoch, daß die Blätter höher kämen als die Griffe, ein Unding von Kraft und Zeitverschwendung. Außerdem ist dies eine Arbeit, die weder von einem Manne mit

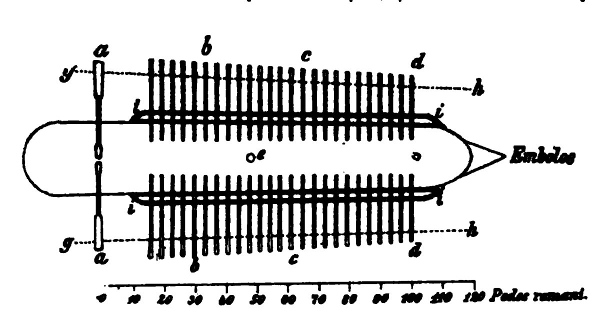


Abb. 668. Triere mit aus dem Wasser gehobenen Rudern, die beim Herablassen alle gleichmäßig auf die Wasserlinie g b einfallen.
a pedalion: Steuer; b Thranitenruder; c Zygitenruder; d Thalamitenruder; e Hauptmast.

5 m langen noch von drei Mann mit 17 m langen Rudern geleistet werden kann. Diese Ruderarbeit korrespondiert vielmehr mit den von den Alten angegebenen Reihenzahlen, nämlich so, daß zu einem Trierenrem von durchschnittlich 5 m Länge drei Reihen und zu dem Tessarakonterenrem von durchschnittlich 16 m Länge vierzig Reihen — das heißt von Ruderern — gehörten" (s. Abb. 668).

„Es ist also unmöglich, Schiffe zu führen, deren Ruderblätter nicht eine Reihe im Wasser bilden; wohl aber notwendig, wenn man Schiffe hat, deren Ruder nur 1 m voneinander abstehen, diesen Rudern im Wechsel etwas höheren und etwas niedrigeren Stützpunkt zu geben und den Sitz der Ruderer von Polster ohne Holz anzuordnen, um Stöße und Quetschungen zu vermeiden. Entgleitet hier ein Ruder, so schlägt es in seiner Ebene weiter, trifft also nie den Kopf des Nebenmannes, zerschlägt nie sein Bein, das in nachgiebigem Polster steckt."

Neuerdings ist die Trierenfrage nochmals und zwar von Busley einer sorgfältigen Untersuchung unterworfen worden. Er kommt auf Grund eingehender Studien zu dem Ergebnis, daß mit den auf drei Reihen verteilten verschieden langen Riemen bei gleichzeitiger Benutzung wohl Schlag gehalten werden konnte. Dann mußte aber bei allen Riemen das gleiche Verhältnis der inneren Schaftlänge zu der ganzen Riemenlänge vorhanden sein, ferner war es nötig, alle Riemen bei jedem Schlage gleichzeitig einzusetzen und endlich mußten sie mit ein- und derselben Geschwindigkeit durchgezogen werden. Da die Ruderer mit den kürzesten Riemen den kleinsten Weg beschrieben, so mußten sie eine

Pause einhalten, um mit den anderen Ruderer wieder in Takt zu kommen. Die Thalamiten mußten also so lange mit ihren aus dem Wasser gehobenen Riemen stillsitzen, bis die Riemen der Thraniten mit ihren Riemen in eine Richtung kamen. Dann mußten sie nach vorne schwingen und bei äußerster Auslage nochmals so lange stillsitzen, bis die Thraniten ebenfalls ganz ausgeschwungen hatten, worauf dann beide Ruderreihen gleichzeitig zu neuem Schlage einsetzten. Die Zygiten mußten, wenn ihre Riemen eine Länge hatten, die zwischen der des Thraniten- und Thalamitenriemens lag, gleichfalls bei jedem Schlage eine Zeitlang stillsitzen, jedoch nicht so lange, als die Thalamiten. Die Länge der Ruhezeit stand im Verhältnis zur Länge der Riemen. Es war eine lange Übung nötig, um eine Trierenmannschaft so gut einzurudern, daß sie mit ihren verschieden langen Riemen Rammstöße ausführen konnten. Busley vermutet aber, daß die Thraniten- und Zygitenriemen gleich lang waren, wobei nicht ausgeschlossen ist, daß die Thranitenriemen breitere Blätter hatten. Infolge der gleichen Länge ihrer Riemen konnten sie leicht miteinander Schlag halten. Die Thalamiten mußten besonders darauf eingeübt werden, sich diesem Schlag anzupassen. Diese Forschungen Busleys, deren wesentlichen Ergebnisse wir vorstehend wiedergegeben haben, dürften wohl die Lösung des so lange gesuchten Trierenrätsels in sich schließen.

Größe und Geschwindigkeit der Schiffe.

Die Größe der antiken Schiffe war im allgemeinen keine sehr bedeutende. Rechnet man ihre Ladefähigkeit nach heutigem Gebrauch in Tonnen (1 t = 1000 kg) um, so ergibt sich, daß große Handelsschiffe eine Tragkraft von etwa 52 Tonnen hatten. Im allgemeinen kann man wohl annehmen, daß Schiffe von über 100 Tonnen zu den Ausnahmen gehörten. Unter diesen Ausnahmen gab es allerdings solche von beträchtlicher Größe, die dann meist jedoch für besondere Zwecke gebaut waren. So hatte das von Caligula gebaute und von Plinius (XVI 40) beschriebene Schiff, das den vor dem Vatikan stehenden Obelisken aus Ägypten nach Rom brachte, den Berechnungen Aßmanns zufolge eine Ladefähigkeit von 2500 Tonnen. Der Dreimaster „Alexandreia", den Hiero von Syrakus bauen ließ, und der für alle Häfen Italiens und Siziliens zu groß war, so daß Hiero sich genötigt sah, ihn dem Könige von Ägypten Ptolemäus Philadelphus zu schenken, vermochte 60 000 Scheffel Korn, 10 000 irdene Gefäße voll gesalzener Fische und eine Unmasse anderer Vorräte zu laden. Er hatte 60 Zimmer und Säle, eine Küche, einen Garten, ein Gymnasium, eine Bibliothek, ein Badezimmer usw. usw. Aus diesen Angaben berechnet Graser, daß dieses Schiff, zu dessen Aufnahme einzig und allein der Hafen von Alexandria geeignet war, eine Ladefähigkeit von 4200 Tonnen hatte. Vom Standpunkt unserer heutigen Schiffsbautechnik aus betrachtet, gehörte es also immer noch zu den kleineren Schiffen. Die Zahl der Ruderer war je nach der Größe sehr verschieden: Die Moneren hatten bis zu 50 Ruderern, die Trieren zur Zeit des Demosthenes führten auf jeder Seite 31 Thraniten, 27 Zygiten und 27 Thalamiten; bei einzelnen großen Schiffen, wie z. B. dem Vierzigruderer (Tessarakontere) des Hiero von Syrakus stieg die Zahl aller Ruderer auf 4000. Allerdings hatte die Seitenwand dieses Schiffes, der „Alexandreia", eine Länge von 124,32 m, an der somit in jeder der 40 Reihen 50 Ruderer saßen.

Auch über die Geschwindigkeit der antiken Schiffe lassen sich sehr gut Berechnungen anstellen. Herodot (IV 86) erzählt, daß ein Schiff in den langen Tagen bei Tage 70 000 Klafter, bei Nacht 60 000 macht. Ein Segelschiff, das eine Fahrt vom 9 Tagen und 8 Nächten hinter sich hat, hat in dieser Zeit 11 100 Stadien zurückgelegt, was 1300 Stadien in 24 Stunden entspricht. Es ergibt sich somit eine Geschwindigkeit von 9,6 km pro Stunde, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die Länge des Stadions nicht genau feststeht. Sie betrug für das Stadion als Wegemaß (Itinerarstadion) 240 Schritt = 157 m (nach Eratosthenes um 200 v. Chr.), während die des olympischen Stadions 192,27 m, die des römischen 185 m betrug. Dörpfeld berechnet aus den von Strabo und Ptolemäus mitgeteilten Entfernungen die Länge des Stadions auf 166 m. Aus den Angaben des Xenophon (Anabasis VI 4, 2) läßt sich für eine Triere sogar eine Geschwindigkeit von 15,3 km Geschwindigkeit pro Stunde berechnen. Ganze Flotten fahren natürlich langsamer, sie legen in der Stunde nur etwa 3,7 km zurück. Als mittlere Leistung kann man nach Weber 7,8 km pro Stunde annehmen.

Busley geht bei seinen eingehenden Betrachtungen und Berechnungen über die Geschwindigkeit der Trieren von der Zahl der in der Minute ausführbaren Schläge und der Verteilung der Zeit auf Schlag, Durchzug und Pause aus, wobei er für die Triere unter Berücksichtigung ihrer Schwere 20 Schläge in der Minute annimmt. Er kommt auf Grund dieser seiner Berechnungen sowie sonstiger Unterlagen zu folgenden Schlüssen: „Als Ergebnis der auf verschiedene Weise abgeleiteten Geschwindigkeit der Trieren erscheint daher eine mittlere nur durch Rudern erreichte Fahrt von 4 Knoten (1 Knoten = eine Seemeile = 1852 Meter auf die Stunde berechnet; 4 Knoten also 7408 Meter in der Stunde, Anm. d. Verf.) durchaus möglich. Unter Zuhilfenahme der Segel konnte auch bei günstigem, d. h. achterlichen Winde und nicht zu hoher See eine Durchschnittsfahrt von 5 Knoten innegehalten werden, was aber schon als eine besonders günstige Reisegeschwindigkeit galt. Als klassisches Beispiel hierfür läßt sich die Fahrt der Triere anführen, die 405 v. Chr. nach der den peloponnesischen Krieg entscheidenden Seeschlacht von Aegos-Potamos die Nachricht von der Niederlage nach Athen brachte. Diese Reise wird als hervorragend schnell bezeichnet, die Triere hat dabei etwa 5 Knoten gelaufen. Mehr wie höchstens 6 Knoten können nur für ganz kurze Zeit unter äußerster Anspannung der Kräfte aller Ruderer erreicht worden sein, z. B. bei Ausführung eines Rammanövers während der Seeschlacht.“

Literatur zum Abschnitte „Schiffe und Schiffbau“ siehe hinter dem Abschnitte: „Die Häfen“.

Schiffahrt.

Kunst und Technik der Schiffahrt waren trotz des zu manchen Zeiten lebhaften Seeverkehrs im Altertum eigentlich wenig entwickelt. Man betrieb nur Küstenschiffahrt und traute sich — mit Ausnahme der Phönizier — nicht auf das offene Meer hinaus. Insbesondere die Römer fürchteten die hohe See, und wenn sie auch im Interesse ihres Handels und zu Kriegszwecken große Flotten unterhalten mußten, so waren sie doch niemals tüchtige Seefahrer. Ebensowenig wie man den Mut hatte, sich von der Küste zu entfernen, wagte man es, bei Nacht zu fahren. Man ruderte oder segelte nur bei Tage an der Küste entlang, wobei man allenfalls tief ins Land hineinreichende Buchten durch Queren abschnitt, und zog dann am Abend die Schiffe ans Land. Trotzdem das Mittelmeer, der Hauptplatz für die antike Schiffahrt, zu den ruhigeren und wenig stürmischen Meeren gehörte, hatte man zu gewissen Monaten, während deren man Stürme befürchtete, doch Angst, Seefahrten zu unternehmen. Hesiod gibt in seinem Kalender an, daß zwei Zeiten der Schiffahrt günstig sind: „Mitte August, wenn die heiße Sommerzeit zu Ende geht, dann ist gut Wetter auf See und keine Gefahr für Schiff und Mannschaft — es sei denn, daß Poseidon oder Zeus gerade jemanden vernichten wollten. Denn um diese Zeit ist reine Luft und ruhige See. Aber man muß sich mit der Rückreise beeilen und darf nicht bis zur Weinlese ausbleiben. Denn dann kommen bald Südwestwinde mit Regen und schwerem Seegang. Die andere Reisezeit fällt in den Frühling. Wenn die Blätter an den jungen Trieben der Feige so lang sind wie ein Krähenfuß, dann ist das Meer fahrbar. Im Herbst, wenn man die Plejaden vor dem Orion am Morgenhimmel untergehen sieht, dann sind alle Winde stürmisch, und dann darf man kein Fahrzeug zu Wasser haben, muß sie vielmehr alle aufs Land ziehen und zudecken, damit die feuchten Winde sie nicht verderben. Und den Pfropfen muß man herausnehmen, damit das Regenwasser abläuft, und das Holz nicht fault." Unter diesem „Pfropfen" ist ein bei den kleineren Schiffen des Altertums am Boden oder neben dem Kiel angebrachter Pfropfen zu verstehen, der in einem durch den Schiffsboden gebohrten Loche steckte. Zog man ihn heraus, so konnte das im Schiffe befindliche Wasser ablaufen. Der Pfropfen trat natürlich nur in Tätigkeit, wenn das Schiff auf dem Lande lag.

Diese während des ganzen Altertums herrschende Zaghaftigkeit, sich dem Meer anzuvertrauen, hinderte nicht, daß doch einzelne kühne Unternehmungen durchgeführt wurden. So fuhren die Ägypter schon im dritten Jahrtausend v. Chr. durch das Rote Meer nach dem Puntlande, das in Südarabien oder an der Somaliküste lag und etwa 600 v. Chr. scheinen auf Veranlassung des ägyptischen Königs Necho II. phönizische Schiffer von der Ostküste Ägyptens aus um ganz Afrika herumgefahren zu sein. Sie kehrten im dritten Jahre nach ihrer Abfahrt durch die Säulen des Herkules, also durch die Straße von Gibraltar, wieder zurück. Necho II. wollte damals schon jenen Kanalbau ausführen, der erst im 19. Jahrhundert durch den Kanal von Suez zur Wirklichkeit wurde, und der eine Verbindung zu Wasser zwischen dem Mittelländischen und dem Roten Meere bezweckte. Inwieweit die Umschiffung Afrikas bei diesem Plane maßgebend war, läßt sich heute nicht mehr fest-

stellen, jedenfalls aber zeigt uns der Bericht des Herodot über diese kühne Seefahrt, daß die Phönizier auch hier ihrer bei derartigen weiten Fahrten gebräuchlichen Gewohnheit treu blieben: Sie stiegen irgendwo ans Land, bestellten den Boden, säten und warteten dann die Ernte ab. Wenn sie diese eingeheimst und ihre Schiffe mit den Erträgnissen neu verproviantiert hatten, stachen sie wieder in See. Wie aber schon erwähnt, konnten vereinzelte derartige kühne Unternehmungen ebensowenig wie der Umstand, daß man später quer über das Meer von Italien nach Afrika oder ebenso von Syrakus nach Malta und von hier nach Kreta segelte, etwas an der Tatsache ändern, daß die ganze antike Schiffahrt eine mit großer Ängstlichkeit und vielen Vorsichtsmaßregeln durchgeführte Küstenschiffahrt war.

Dieser Umstand bewirkte auch, daß man nicht viele Nahrungsmittel mitnahm, und daß die Schiffe verhältnismäßig klein blieben. Man kam ja alle Abende an Land oder in einen Hafen, Zufluchten, die man auch bei aufziehendem Sturme sofort aufsuchte. Hier konnte man Nahrungsmittel finden, kochen, essen und schlafen, man brauchte also weder viel Proviant noch bequeme Unterkunftsräume für die Mannschaft. Die Schiffe zog man durch Menschenkraft auf das Ufer, später benutzte man die von Archimedes erfundene Winde, die auch dazu diente, die auf der Helling fertiggestellten Schiffe ins Meer zu lassen. Archimedes soll die Winde erfunden haben, als es sich darum handelte, das Riesenschiff Alexandreia des Königs Hiero von Syrakus vom Stapel laufen zu lassen. Wieweit man die Schiffe oft schleifte, läßt sich daraus ersehen, daß nach den Berichten des Strabo (VIII 6, 4) und des Pomponius Mela (II 3) an der 6 km breiten und 79 m hohen Landenge von Korinth ein Doppelhelling (δίολκος), also eine Schleifbahn angebracht war, über die hinweg man die Schiffe vom Ägäischen ins Jonische Meer schleifte.

An der Küste entlang fuhr man sehr vorsichtig. In unbekannten Gewässern bediente man sich der Lotsen, Untiefen und Klippen waren durch Seezeichen gekennzeichnet, die den Schiffer warnten. Dieser selbst bediente sich fleißig des Lotes, um derartige Stellen rechtzeitig zu erkennen. Flotten von mehreren Schiffen fuhren in fremden Gewässern in Kiellinie, wobei das erste lotete, die übrigen warnte und, wenn nötig, die Fahrrinne durch Seezeichen deutlich erkennbar machte. Auch zum Anlaufen der Häfen bediente man sich der Lotsen. Daß zahlreiche Wachtfeuer und Leuchttürme dem Schiffer bei eintretender Nacht als Merkmal und Warnungszeichen dienten, wurde schon in dem Abschnitt über „Beleuchtung" erwähnt (s. Seite 247ff.).

Gute Landungsstellen waren durch „Landmarken" bezeichnet. Eine solche Marke in Gestalt einer Säule von viereckigem Querschnitt ist uns in der sogenannten Iliastafel des Lesches erhalten, einem aus der Zeit der ersten römischen Kaiser stammenden Relief, das die Zerstörung Trojas nach der „kleinen Iliade" des Lesches (um 672 v. Chr.) darstellt. Man hat diese Säule (Abb. 669) früher für einen Leuchtturm gehalten, doch ist es Geitel gelungen, mit zwingenden Gründen nachzuweisen, daß es sich hier um eine „Landmarke" handelt.

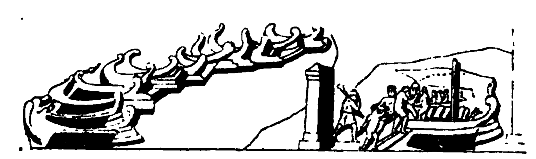


Abb. 669. Landmarke zur Kennzeichnung eines Landungsplatzes.
Rechts davon ein auf den Strand gezogenes Schiff.

Wie jetzt, so gab es auch damals schon Handbücher für die Seefahrt, unter denen das hervorragendste der Σταδιασμὸς ἤτοι περίπλους τῆς μεγάλης θαλάσσης

also: „Stadienfahrer oder Rundfahrt um das Mittelländische Meer" ist. Er enthält Angaben über alle Einzelheiten, die für den Seefahrer der damaligen Zeit wissenswert waren. Trotz dieser ausführlichen Angaben bringt das Buch keine eigentliche „Segelanweisung", die auch deshalb nicht nötig war, weil man nicht nach einem bestimmten Kurse über das Meer fuhr, sondern immer nur an der Küste entlang. Als Beispiel, wie die Angaben in diesem Buche gehalten sind, sei das folgende angeführt (nach Carl Müller):

„Aus See kommend, siehst du ein niedriges Land, vor dem kleine Inseln liegen. Bist du näher gekommen, so siehst du die Stadt an der See, eine weiße Düne und einen Strand. Auch die ganze Stadt hat ein weißes Aussehen. Einen Hafen hat sie nicht, du liegst aber sicher bei Hermaion. Übrigens heißt die Stadt Leptis ...."

„Von Gaphara nach Amaraia sind 40 Stadien. Das Bollwerk bietet eine Schutzlage. Es ist Trinkwasser zu haben. Neben dem Flusse sieht man Ackerfelder. Der Fluß heißt Oinoladon ...."

„Von Thapsos nach Kleinleptis sind 170 Stadien. Es ist eine kleine Stadt. Es liegen dort Bänke über Wasser, und das Anlaufen der Stadt ist sehr schwierig ...."

„Von diesem Vorgebirge siehst du die Stadt Adrymeton in einer Entfernung von 40 Stadien. Es ist dort kein Hafen ...."

Fuhr man wirklich über See, so gestaltete sich die Orientierung sehr schwierig. Man hatte nach Breusing weder Mittel, um Entfernungen zu messen, noch kannte man den Kompaß, der die Innehaltung eines bestimmten Kurses ermöglichte. So mußte man sich nach der Sonne und den Gestirnen richten, die versagten, sobald sich der Himmel bewölkte. Dann gab wohl noch die Richtung der Wogen eine Zeitlang einen Anhalt, wohin man ungefähr steuerte, aber auch dies gewährte ja schon nach kurzer Zeit keine Sicherheit mehr. Alle diese Umstände lassen die Furcht des Altertums vor der hohen See als wohlberechtigt erscheinen. Da man nur ungefähr Kurs halten konnte, so traf man auch nie genau an den Punkt der Küste, den man ansteuern wollte, sondern gelangte meist nur in seine Nähe. Dann mußte man loten, um, sofern der Anblick der Küste keinen Anhalt gab, aus der Beschaffenheit des Grundes zu erkennen, wo man sich befand. Das Lot war unten ausgehöhlt, die Höhlung wurde mit Talg gefüllt, an dem Teile des Meeresbodens hängen blieben. Auch durch das Auffliegenlassen von Vögeln suchte man zu ergründen, in welcher Richtung das Land lag. Allmählich besserten sich ja diese Verhältnisse etwas, da man lernte, die Meeres- und Luftströmungen zu beobachten und insbesondere aus regelmäßig wehenden Winden Nutzen zu ziehen, da man ferner Seekarten anfertigte, und da man endlich mit Hilfe des Schattenstabes, des „Gnomons", die Länge des Schattens an verschiedenen Orten und für die verschiedenen Tage des Jahres festlegte. Die erhaltenen Zahlen wurden in Tabellen zusammengestellt, wie eine solche z. B. auch im Plinius (VI 33) enthalten ist. Führte das Schiff also einen Schattenstab mit sich, so konnte es aus der Länge des Schattens, aus dem Datum und aus der gleichfalls mitgeführten Tabelle die ungefähre geographische Breite bestimmen, in der es sich befand.

Literatur zu dem Abschnitte: „Die Schiffahrt" siehe hinter dem Abschnitte: „Die Häfen".

Die Häfen.

Während man jetzt bei heranziehendem Unwetter die Nähe der Küste meidet und die offene See zu gewinnen sucht, wurde im Altertume der Hafen dem Schiffe die einzige sichere Zuflucht, denn auch das auf den Strand hinaufgezogene Schiff war bei starkem Sturm und hohem Wogengang gefährdet. Daher baute man die Häfen sehr sorgfältig aus, wobei man einerseits einen möglichst guten Ankergrund, andererseits möglichste Sicherheit vor feindlichen Angriffen zu gewinnen sucht. Ließ sich beides nicht vereinen, dann half man, indem man den einen oder anderen Gesichtspunkt mehr in den Vordergrund stellte, durch die verschiedenartigsten Kunstbauten nach. Mit Vorliebe wählte man zur Anlage der Häfen Buchten, die schon durch ihre Form eine Art von natürlichem Hafen bildeten. Um den Hafen gegen feindliche Überfälle zu schützen, schloß man ihn gewöhnlich in die Befestigung mit ein. Ein wichtiger, für die Anlage der Häfen maßgebender Gesichtspunkt war auch die Beschaffung von Trinkwasser. Merckel weist in seinen eingehenden Betrachtungen noch auf folgende Besonderheiten einzelner Häfen hin:

Die Phönizier waren bereits Meister des Hafenbaus, ihre Seestädte Sidon und Tyrus hatten beide große Häfen. In Sidon, das auf einer dreieckigen Landspitze liegt, erstreckten sich von dieser aus nach Norden und Süden lange Felsbänke und Inseln. Diese Inseln wurden durch Mauern fest mit den Felsbänken verbunden, und dann wurde das Ganze durch Dämme und Befestigungen gesichert. Auf diese Weise wurden zwei Häfen geschaffen. Tyrus lag auf einer Insel, die durch einen Damm mit dem Festlande verbunden wurde, und aus deren Ausbuchtungen man gleichfalls Häfen bildete.

Schon die ältesten griechischen Häfen hatten zum Teil künstliche Molen, die aus Doppelmauern bestanden. Der Zwischenraum zwischen den gewaltigen Steinen dieser Doppelmauern wurde durch Felsstücke ausgefüllt. Heute noch sind Reste derartiger Molen erhalten, die uns erkennen lassen, daß sie, wie z. B. die des Hafens von Methone, befestigt waren. (Abb. 670 bis 674 S. 510.) Die Molen hatten oft eine beträchtliche Höhe. So war die unter Polykrates (540—523 v. Chr.) aufgeführte Mole des Hafens von Samos nicht weniger als 35 m hoch. Die Länge der einen Mole des Hafens von Rhodus betrug fast 0,5 km (genau 450 m).

In ähnlicher Weise waren die Häfen der Römer vorzüglich ausgestattet. Unter ihnen erlangte vor allem der Hafen Roms, der an der Tibermündung bei Ostia gelegen war, große Bedeutung. Ursprünglich befand sich hier am Ufer nur eine Anlegestelle, die, da die Schiffe bald hier, bald dort anlegten, durch zwei Säulen enger begrenzt wurde. Der wachsende Handel und die vielen Schiffsuntergänge, die sich

an der ungeschützten Anlegestelle ereigneten, erforderten dann die Anlage eines Hafens, der mit der Zeit immer mehr vergrößert und ausgebaut wurde, bis ihn zuletzt Kaiser Trajan (um 53—117 n. Chr.) zu einer riesigen und mustergültigen Anlage ausbaute. (Abb. 675.) Der Innenhafen von Ostia hatte die Gestalt eines Sechsecks, seine Wasserfläche betrug 235000 qm, die Tiefe belief



Abb. 670. Plan des Hafens von Methone.

A B Antike griechische Mole; B Fort (neuzeitlich); C Stadttor; D Reste der altgriechischen Festungsmauer.



Abb. 671. Die altgriechische Mole von Methone links vom Molenrande (A auf Abb. 670) aus gesehen, sowie Blick auf Fort B der Abb. 670 (hinten Mitte) und Stadt (rechts). In der Stadtmauer (über der höchsten Spitze des im Vordergrunde liegenden Bootes) die Reste der alten Festungsmauer (D in Abb. 670 und Abb. 674).



Abb. 672. Das Ende der altgriechischen Mole (Molenkopf) von Methone



Abb. 673. Der Molenkopf von Methone von oben gesehen.

Die Umkleidungsmauer ist mit Felsstücken ausgefüllt.

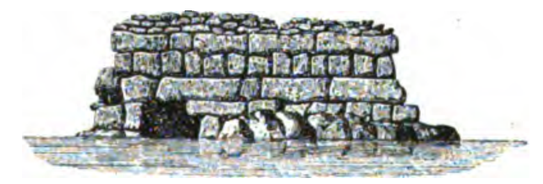


Abb. 674. Reste der altgriechischen Festungsmauer von Methone. (D in Abb. 670).

sich auf 6 m, die Quais hatten eine Länge von 1970 m. Um den Hafen herzustellen, mußten 2380000 cbm Erde entfernt und 543000 cbm Mauerwerk aufgeführt werden, eine gewaltige Leistung! Die Lagerschuppen hatten eine Ausdehnung von 1570 m. Der Hafen war auch sonst in jeder Hinsicht glänzend ausgestattet, mit vielen Kunstwerken geschmückt, mit Triumphbogen versehen usw. usw.

Ein ähnlich gewaltiges Werk war der Kriegshafen bei Kap Misenum, der unter Kaiser Nero (54—68 n. Chr.) sogar durch einen Kanal mit Rom verbunden wer-

den sollte, ein Werk, das jedoch nie zur Ausführung kam. Hingegen schuf man oberhalb dieses Hafens einen gewaltigen Wasserbehälter, aus dem die Kriegsflotte ihre Wasservorräte entnehmen sollte, die jetzt noch vorzüglich erhaltene, in den Berg eingehauene „Piscina mirabilis“. (Siehe Abb. 586 S. 435.) Außer diesem Wunderwerke zeichnete sich der Hafen von Kap Misenum noch durch eine gewaltige Mole aus, deren einzelne aus dem dort befindlichen Tuffgestein hergestellten Blöcke eine Höhe von 8 m hatten. Die Mole selbst war 800 m lang.

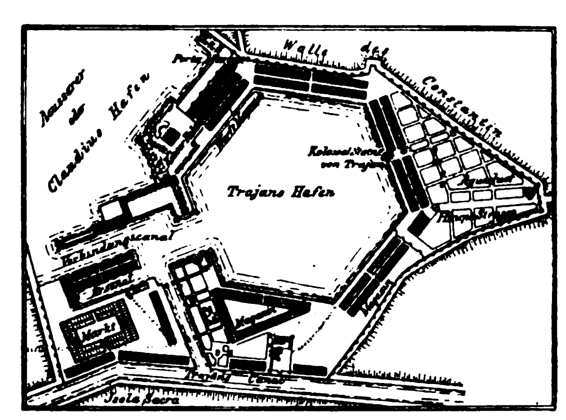


Abb. 675. Plan des Trajanshafens zu Ostia.

Um derartige Wasserbauten auszuführen, mußte man natürlich über wasserdichte Mörtel verfügen, die aber nicht immer Verwendung fanden. Manchmal begnügte man sich damit, die Blöcke einfach aufeinanderzutürmen, manchmal abet, wie z. B. bei Kap Misenum, wurde eine Art von Beton aus Puzzolanmörtel, Sand und kleinen Steinen (Kleinschlag) verwendet. Außerdem stellte man einen wasserdichten Mörtel aus reinem Kalk und Öl her. Auch die Anwendung einer Art von Senkkasten für Arbeiten im Wasser war bekannt. Man stellte sie durch Aufführung von Mauern her, die einen rechteckigen Innenraum umschlossen. Aus diesen schöpfte man dann das Wasser aus und füllte ihn mit Steinen oder Mauerwerk an. Zur Fundierung mancher Molen nahm man gewaltige Aufschüttungen vor, wobei man so lange Steine und Geröll ins Meer versenkte, bis ein fester Damm entstanden war, auf dem man die eigentliche Mole aufführen konnte. Manchen Häfen führte man, um sie von Unrat zu reinigen, abgeleitete Bäche mit starkem Gefälle zu, die alle Verunreinigungen ins Meer hinausschwemmten. Die Hafeneinfahrt machte man, um sie gut verteidigen zu können, möglichst eng. Einfahrten von 97 m Weite, wie z. B. die des Kriegshafens von Zea bei Athen (Abb. 355 S. 274), gehören zu den Seltenheiten. Gewöhnlich war die Hafeneinfahrt noch durch Befestigungen geschützt und so eingerichtet, daß man sie durch Ketten, Querbalken oder Tore absperren konnte. Gut ausgestattete Häfen, wie z. B. der von Ostia, waren reichlich mit Kranen, Winden und sonstigen Einrichtungen zum Löschen der Ladungen ausgestattet.



Abb. 676. Die Nike von Samothrake auf der Prora (Vorderteil) eines Schiffes stehend.
Diese riesige Siegesgöttin wurde um 300 v. Chr. von Demetrios Poliorketes für einen Seesieg errichtet.

Literatur zu den Abschnitten: „Schiffe und Schiffbau", „Die Schiffahrt" und „Die Häfen".

Anonymus, Der Rammsporn. Das Große Weltpanorama. 11. Jahrg., S. 291.

Arenhold, Die historische Entwicklung der Schiffstypen vom römischen Kriegsschiff bis zur Gegenwart. Kiel und Leipzig 1891.

Aßmann, Das Floß der Odyssee. Berlin 1904.

— Seewesen. In: Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums. München und Leipzig 1888.

— Zur Kenntnis der antiken Schiffe. Jahrb. d. Kaiserl. deutschen arch. Instituts 1889 2. Heft.

Baysil Lazari, De re navali. Basel 1537.

Benndorf, Neue archäologische Untersuchungen auf Samothrake. Wien 1880.

Berghaus, Geschichte der Schiffahrtskunde. Leipzig 1792.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. II. Band. Leipzig 1879.

Boekh, Urkunden über das Seewesen des attischen Staates. Berlin 1840.

Breusing, Die Nautik der Alten. Bremen 1886.

Busley, Schiffe des Altertums. Sonderabdruck nach einem Vortrag auf der 20. Ordentlichen Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft. März 1919.

Cartault, La trière athénienne. Paris 1881.

Daremberg et Saglio, Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines. Paris 1874—1917.

Droysen, Griechische Kriegsaltertümer. In: Hermann, Lehrbuch der griechisch. Antiquitäten. Band II. Freiburg i. B. 1889.

Dümichen, La flotte d'une reine égyptienne au XVII siècle avant notre ère. Leipzig 1868.

Fincati, Le triremi. Roma 1881.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Friedrichson, Geschichte der Schiffahrt. Hamburg 1890.

Geitel, Die Entwicklung der Leuchtfeuer. Polytechnisches Zentralblatt 1900, Nr. 22, S. 235.

Glatzel, Das Meer als Mittel des Völkerverkehrs und als Kampffeld. In: Krämer, Der Mensch und die Erde. Band X.

Graser, De veterum re navali. Berlin 1864.

— Meine Messungen in altathenischen Kriegshäfen. Philologus, Band 31, S. 1 ff.

Haack, Über attische Trieren. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1895.

Herodot, Geschichten. I, 194; II, 96; IV, 42, 44.

Hüllmann, Über die Entwicklung des Kriegsschif's. Festrede zur Feier des Geburtstags Sr. Majestät des Kaisers und Königs in der Technischen Hochschule Berlin 1918.

Jal, Archéologie navale. Paris 1840.

Konyenburg, van, L'Architecture navale depuis ses origines. Brüssel 1913.

Kopecky, Die attischen Trieren. Leipzig 1890.

Köster, Die Nautik im Altertum. Berlin 1914.

Krause, Das europäische Klima im letzten vorchristlichen Jahrtausend. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1913, S. 688 ff.

Layard, Ninive und Babylon, übersetzt von Zenker. Leipzig.

— The monuments of Niniveh. London 1853.

Lehmann-Haupt, Armenien einst und jetzt. Berlin 1910.

— Die historische Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.

Le Roy, Memoires sur la marine des anciens. Paris 1783.

Luebeck, Das Seewesen der Griechen und Römer. Hamburg 1890 u. 1891.

Marquardt-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.

Maspero, Geschichte der morgenländischen Völker im Altertum. Leipzig 1877.

Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.
Moll, Die Entwicklung des Schiffsankers und die Grundlagen moderner Anker. Vortrag auf der XIX. ordentl. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft zu Berlin am 23. November 1917.
Pietschmann, Geschichte der Phönizier. In: Oncken, Allgemeine Geschichte in Einzeldarstellungen. Berlin 1878—1894, Band IV.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Chemnitz 1896.
Richter, Die römische Rednerbühne. Jahrb. d. kaiserl. deutsch. arch. Instituts. 1889, Heft 1.
Schubart, Ein Jahrtausend am Nil. Berlin 1912.
Serre, Les marines de guerre de l'antiquité et moyen-âge. Paris 1885—1891.
Spieß, Archimed von Syrakus. Akademische Antritt rede. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin u der Naturwissenschaften. Leipzig 1904, S. 231.
Tilmann, Entwicklung der Anker. Technische Rundschau d. Berl. Tageblattes 1912, Nr. 3.
Tyler, Wall Drawings and monuments of El Kab. The tomb of Remi (Plate London 1900, X; mittlere Reihe).
Weber, Die Lösung des Trierenrätsels. Danzig 1896.
Werner, Atlas des Seewesens. Leipzig 1871.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Quellennachweis für die Abbildungen und die ständig benutzte Literatur.

1. Abbildungen.

2. Ständig benutzte Literatur.

Außer den am Schluß der einzelnen Abschnitte angegebenen Quellen wurden ferner bei der Bearbeitung des ganzen Werkes ständig noch die folgenden benutzt:

Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums zur Erläuterung des Lebens der Griechen und Römer in Religion, Kunst und Sitte. München und Leipzig 1885—1888.
Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Leipzig 1884—1886. Berlin und Leipzig 1912.
Curtius, Griechische Geschichte. Berlin 1857—1861.
Daremberg und Saglio, Dictionnaire des antiquitées Grecques et Romaines. Paris 1877—1917.
Forrer, Reallexikon der prähistorischen, klassischen und frühchristlichen Altertümer. Berlin und Stuttgart 1908.
Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.
Herodot, Die Geschichten des Herodotos. Übersetzt von Lange. Leipzig.
Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater. Griechisch und deutsch herausgegeben von Wilhelm Schmidt. Leipzig 1899.
Hoops, Reallexikon der germanischen Altertumskunde. Straßburg 1911 ff.
Mommsen, Römische Geschichte. Berlin 1903.
Pauly-Wissowa, Realenzyklopädie der klassischen Altertumswissenschaften. Stuttgart 1894 ff.
Plinius, Cajus Plinius Secundus Naturgeschichte. Übersetzt und erläutert von Ph. C. Külb. Stuttgart 1840.
Tacitus, Die Germania des Cornelius Tacitus. Aus dem Lateinischen mit Einleitung und Erläuterungen von Max Oberbreyer. Leipzig.
Vitruv, Reber: Des Vitruvius zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.

Namen- und Sachverzeichnis.

B

C

F

G

H

I

J

M

P

T

X

Y

Z

